



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO - ICOMP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI

Objetos Tangíveis de Aprendizagem: um caminho para criação, utilização e verificação da aprendizagem baseada em métricas

por

Gabriel de Souza Leitão

Manaus - Amazonas
Dezembro de 2022



PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO - ICOMP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI



Objetos Tangíveis de Aprendizagem: um caminho para criação, utilização e verificação da aprendizagem baseada em métricas

por

Gabriel de Souza Leitão

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Informática.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo da Silva Barreto

Manaus - Amazonas
Dezembro de 2022

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Leitão, Gabriel de Souza

Objetos Tangíveis de Aprendizagem: um caminho para criação, utilização e verificação da aprendizagem baseada em métricas / Gabriel de Souza Leitão . Manaus, BR - AM, 2019.

L533u, 92f.: color.; 31cm

Orientador: Prof. Dr. Raimundo da Silva Barreto

Tese (Doutorado em Informática) - Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Instituto de Computação - IComp, Manaus, BR - AM, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 72 - 76.

1. Educação Digital. 2. Sistemas de Tutoria. 3. Avaliação de Desempenho. 4. Físico-Virtual. 5. Objetos de Aprendizagem. I. Barreto, Raimundo da Silva. II. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI. III. Objetos Tangíveis de Aprendizagem: um caminho para criação, utilização e verificação da aprendizagem baseada em métricas

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

Reitor: Prof. Dr. Sylvio Mário Puga Ferreira

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação: Profa. Dra. Selma Suely Baçal de Oliveira

Coord. do Programa de Pós-Graduação em Informática: Prof. Dr. Juan Gabriel Colonna

Diretora do Instituto de Computação: Profa. Dr. José Luís de Souza Pio

Esta Tese é dedicada à minha família, meu apoio em todos os momentos.

Agradecimentos

"(...) a minha questão não é acabar com a escola, é mudá-la completamente, é radicalmente fazer que nasça dela um novo ser tão atual quanto a tecnologia. Eu continuo lutando no sentido de pôr a escola à altura do seu tempo. E pôr a escola à altura do seu tempo não é soterrá-la, mas refazê-la." (Paulo Freire, 1996, In: "Seymour Papert e Paulo Freire: uma conversa sobre informática, ensino e aprendizagem")

RESUMO

Vivemos em uma sociedade tecnológica e, por essa razão, propor novas metodologias de ensino que integrem recursos tecnológicos e que pressuponham o uso de inteligência artificial, internet das coisas e sistemas ciberfísicos, com a finalidade de aprimorar as experiências pedagógicas e, consequentemente, a qualidade da educação é uma demanda socialmente importante. Assim, no contexto da Educação 4.0, esta tese discorre sobre a resolução de um problema que pode ser expresso através da seguinte pergunta: *é possível a construção de um ambiente de educação suportado por tecnologia que utilize recursos computacionais tangíveis como parte integrante do processo de ensino-aprendizagem e que, adicionalmente, proveja elementos que auxiliem na avaliação e acompanhamento dos estudantes?* A proposta deste trabalho consiste em apresentar um caminho para construção de uma plataforma de educação apoiada por tecnologia que integre manipulativos tangíveis e métricas de avaliação da aprendizagem e, analisar como manipulativos tangíveis criados através do modelo proposto podem auxiliar no processo e acompanhamento do ensino-aprendizagem. Desse modo, foi projetada uma plataforma composta de quatro partes: (i) Composer: componente responsável pela geração de material didático, incluindo a inserção de objetos tangíveis de aprendizagem; (ii) Player Tangível: interface multiplataforma baseada em *web* responsável pela execução da aula;(iii) Servidor: cria e gerencia a sala de aula virtual, trocando mensagens com todos os dispositivos do ambiente de aprendizagem, inclusive os diversos componentes físico-digitais dos recursos pedagógicos; e, (iv) Analíticos: componente responsável por calcular as diversas métricas de aprendizagem propostas a fim de fornecer informações e análises baseadas na interação do estudante com o material didático. A avaliação experimental foi feita da seguinte forma: (a) análises de um estudo exploratório das métricas de aprendizagem propostas cujo objetivo foi de verificar as análises que tais métricas poderiam prover; (b) Estudo de Caso dividido em três fases com o objetivo de: (i) analisar o impacto na aprendizagem do uso do objeto tangível construído de acordo com o modelo proposto; (ii) verificar a percepção dos estudantes com relação ao uso do objeto tangível; e, por fim, (iii) explorar a viabilidade do uso de um objeto tangível para avaliação/acompanhamento da aprendizagem no contexto da plataforma proposta. Como resultados, a abordagem usando o objeto tangível construído com base nesta proposta mostrou-se promissor seja em comparação com o ensino tradicional, seja na integração com as métricas de aprendizagem. Além disso, o objeto tangível utilizado obteve percentuais de aceitação acima de 96% com relação a utilidade percebida, acima de 88% de satisfação percebida e acima de 90% de intenção de uso, de acordo com o formulário TAM3 aplicado na Fase 2.

ABSTRACT

We live in a technological society, therefore we must propose new teaching methodologies that integrate modern technological resources and that suppose the use of artificial intelligence, internet of things and cyber-physical systems to improve pedagogical experiences and, consequently, the quality of education. Thus, in the context of Education 4.0, this thesis discusses the resolution of a problem that can be expressed through the following question: *“is it possible to build a technology-supported education environment that uses tangible computational resources as an integral part of teaching-learning process and that, in addition, provides elements that help in the evaluation and monitoring of students?”* The purpose of this work is to present one path to build a technology-supported education platform that enables the integration of tangible objects and metrics to learning evaluation and, to analyze how tangible manipulatives created using the proposed model can help in the teaching-learning process and monitoring. Thus, a platform composed of four parts was designed: (i) Composer: component responsible for the generation of didactic material, including the insertion of tangible learning objects; (ii) Tangible Player: runs the class with relative independence to the execution environment; (iii) Server: creates and manages the virtual classroom, exchanging messages with all devices in the learning environment, including the various physical and digital components of pedagogical resources; and (iv) Analytics: component responsible for calculating the learning metrics proposed in order to provide information and analysis based on student interaction with the didactic material; The experimental evaluation was carried out as follows: (a) analysis of an exploratory study of proposed learning metrics whose objective was to verify the analyzes that could provide; (b) Case Study divided into three phases with the objective of: (i) analyzing the impact on learning the use of the tangible object built according to the proposed model; (ii) verify the students' perception regarding the use of the tangible object; and, finally, (iii) explore the feasibility of using a tangible object to assess/monitor the learning in context of the proposed platform. As a result, the approach using the tangible object built based on this proposal proved to be promising either in comparison with traditional teaching or in the integration with learning metrics. In addition, the tangible object used obtained acceptance percentages above 96% in relation to perceived usefulness, above 88% of perceived satisfaction and above 90% of intention to use, according to the TAM3 form applied in Phase 2.

Sumário

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xiii
1 Introdução	1
1.1 Contexto	2
1.2 Definição do Problema	3
1.3 Motivação	4
1.4 Objetivos	6
1.5 Método da Pesquisa	6
1.6 Abordagem Proposta	8
1.7 Organização do Trabalho	8
2 Conceitos e Definições	10
2.1 Educação e práticas pedagógicas	10
2.1.1 Educação, fracasso escolar e mudanças pedagógicas	10
2.1.2 Elementos do Processo de Ensino-Aprendizagem	11
2.2 Teorias Sociopedagógicas	12
2.2.1 A Construção do Conhecimento a partir da Experiência	12
2.2.1.1 Método por Descoberta	13
2.2.1.2 Educação Emancipadora	13
2.2.1.3 Conhecimento como construção progressiva	14
2.2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal	14
2.3 Computação Aplicada à Educação	15
2.3.1 Objetos de Aprendizagem	15
2.3.2 Internet das Coisas (IoT)	17
2.3.3 Sistemas Ciberfísicos	19
2.3.4 Interfaces Tangíveis de Usuário	20
2.3.5 Ferramentas de Autoria de OAs	22
2.3.6 Avaliação da Aprendizagem	24
2.4 Resumo	25
3 Trabalhos Correlatos	26
3.1 Sistemas Ciberfísicos na Educação	26
3.1.1 Manipulativos Físicos <i>versus</i> Manipulativos Virtuais	27
3.1.2 Manipulativos Tangíveis (Físico-Digitais)	30
3.1.3 Modelagem Bifocal	34
3.1.4 Sistemas Físico-Virtuais de Aprendizagem no Brasil	35

3.2	Ferramentas de Autoria de Objetos de Aprendizagem	43
3.3	Ferramentas e Métricas de Avaliação do Desempenho	45
3.3.1	WebMonitor - monitoramento e acompanhamento	45
3.3.2	Metodologia para <i>Learning Analytics</i>	46
3.3.3	Métricas de Desempenho para Estudantes e Professores	48
3.3.4	Modelo <i>Learning Vectors</i> para <i>Moodle</i>	49
3.4	Resumo	50
4	Método Proposto	52
4.1	Compositor	53
4.2	Servidor	59
4.3	Player Tangível	61
4.3.1	Processo de conexão entre as entidades física e digital	62
4.4	Analíticos	68
4.4.1	Métricas Independentes	69
4.4.1.1	Nota Tradicional	69
4.4.1.2	Nota Ponderada	69
4.4.1.3	Dúvida da Questão	71
4.4.1.4	Grau de Assertividade	72
4.4.1.5	Tempo de Resposta	73
4.4.2	Métricas Compostas	73
4.4.2.1	Prioridade	74
4.4.2.2	Nível de Compreensão da Questão	74
4.4.2.3	Nível de Compreensão do Questionário	76
4.4.3	Métricas aplicadas a Objetos Tangíveis de Aprendizagem (OTA)	77
4.5	Ferramentas	80
4.5.1	Compositor	81
4.5.2	Player Tangível	82
4.5.2.1	Instanciação da descrição de um Objeto Tangível de Aprendizagem	82
4.5.2.2	Instanciação das Entradas, Saídas e Casos de Teste de um OTA .	85
4.5.3	Servidor	88
4.5.4	Analíticos	90
4.6	Resumo	92
5	Resultados	94
5.1	Estudo Exploratório das Métricas de Aprendizagem	94
5.1.1	Sobre a coleta dos dados	95
5.1.2	Análise das Métricas	95
5.1.2.1	Avaliando os estudantes	95
5.1.2.2	Avaliando Disciplinas	97
5.1.2.3	Composição das métricas: Grau de Assertividade versus Nível de Compreensão do Questionário	99
5.1.3	Analizando os estudantes do Terceiro Quadrante	100
5.2	Estudo de Caso	103
5.2.1	Fase '1' - Impacto do uso de OTA na Aprendizagem em comparação com o ensino tradicional	104
5.2.2	Sobre o impacto do uso de objeto tangível na aprendizagem	105

5.2.2.1	Questões de Pesquisa	107
5.2.2.2	Hipóteses H01 e HA1	111
5.2.3	Comparação entre o uso de objeto tangível e o ensino tradicional	111
5.2.3.1	Questões de Pesquisa	112
5.2.3.2	Hipóteses H02 e HA2	120
5.2.3.3	Sobre o Pós-teste adicional do Grupo N	120
5.2.4	Fase '2' - Percepção dos estudantes sobre o uso de OTA	121
5.2.4.1	Formulário TAM3	122
5.2.4.2	Questões abertas	124
5.2.5	Fase '3' - Estudo de Viabilidade	127
5.2.5.1	Exercício 1 - Quadrantes	128
5.2.5.2	Exercício 2 - Ângulos	146
5.2.5.3	Exercício 3 - Seno	161
5.2.5.4	Exercício 4 - Cosseno	166
5.2.5.5	Exercício 5 - Tangente	171
5.3	Resumo	176
6	Conclusão	178
6.1	Considerações Finais	178
6.2	Limitações	180
6.3	Trabalhos Futuros	180
A	Perfil de aplicação OBAA	190
B	Estudo de Caso: Atividade 1	198
B.1	Atividade 1: Plano de Aula	198
B.2	Atividade 1: Apresentação em Slides	199
C	Estudo de Caso: Atividades 2 e 3	206
C.1	Atividade 2: Plano de Aula	206
C.2	Atividade 3: Plano de Aula	207
C.3	Atividades 2 e 3: Apresentação em Slides	209
C.4	Atividade 2: Exercício de Fixação	226
C.5	Atividade 3: Interfaces Físicas do Player Tangível	228
C.5.1	Interface Física A01	228
C.5.2	Interface Física A02	229
C.5.3	Interface Física A03	230
C.5.4	Interface Física A04	231
C.5.5	Interface Física A05	232
C.5.6	Interface Física A06	233
D	OTA - Exercício 1	234
E	OTA - Exercício 2	245
F	OTA - Exercício 3	266
G	OTA - Exercício 4	274

H OTA - Exercício 5	282
I OTA - Exercício 1 - Analíticos	288
J OTA - Exercício 2 - Analíticos	320
K OTA - Exercício 3 - Analíticos	352
L OTA - Exercício 4 - Analíticos	363
M OTA - Exercício 5 - Analíticos	373
N Formulário de Experiência do Usuário	378

Lista de Figuras

1.1	Metodologia da pesquisa baseada no construcionismo de Papert	7
2.1	Modelo de Referência para IoT. Fonte: Serbanati <i>et al.</i> (2011)	18
2.2	GUI e TUIs. Fonte: Ishii e Ullmer (1997)	20
2.3	Modelo de interação de TUI - MCRpd. Fonte: Ullmer e Ishii (2000)	21
3.1	ThermoLab. Fonte: Zacharia e Olympiou (2011)	27
3.2	Manipulativos usados por Salehi <i>et al.</i> (2014)	28
3.3	Manipulativo Físico com placa e sensores. Fonte: Ha e Fang (2018)	30
3.4	Manipulativo Físico e seu correspondente Virtual. Fonte: Ha e Fang (2018)	31
3.5	RoCr com Arduíno e sensores infravermelho integrados. Fonte: Azad e Hashemian (2016)	33
3.6	Sistemas Embarcados de Programação Remota. Fonte: Azad e Hashemian (2016) .	33
3.7	Exemplos de Modelos Bifocais: transferência de calor e leis dos gases. Fonte: Blikstein <i>et al.</i> (2012)	34
3.8	Arquitetura da Plataforma Toogle. Fonte: Santos <i>et al.</i> (2014)	36
3.9	Modelo Conceitual de um Ambiente Físico-Virtual de Aprendizagem proposto por Santos (2014)	37
3.10	Exemplo de exploração do cenário físico usando <i>smartphone</i> . Fonte: Imamura e Baranauskas (2018)	38
3.11	Configuração da LCFV para o primeiro experimento. Fonte: Imamura e Baranauskas (2018)	39
3.12	Processo de Design em Artefatos Tangíveis para Crianças. Fonte: Lima <i>et al.</i> (2016)	40
3.13	Protótipo do Tangram Tangível	40
3.14	Tela do App para o Tangram Tangível. Fonte: Lima <i>et al.</i> (2016)	41
3.15	Integração da MT e RV numa atividade pedagógica. Fonte: Gluz <i>et al.</i> (2018)	41
3.16	Estrutura e componentes da mesa tangível. Fonte: Gluz <i>et al.</i> (2018)	42
3.17	Arquitetura do LECA. Fonte: Orlandi e Isotani (2012)	44
3.18	Estrutura da Plataforma “Fábrica de Objetos”. Fonte: Guterres e Moraes (2014)	44
3.19	Estrutura dos OAs na plataforma “Fábrica de Objetos”. Fonte: Guterres e Moraes (2014)	45
3.20	Arquitetura do WebMonitor. Fonte: Lucena <i>et al.</i> (2015)	46
3.21	Exemplo do Treemap das interações de um estudante. Fonte: Lucena <i>et al.</i> (2015) .	47
3.22	Alunos Aprovados e Reprovados por Turma	47
3.23	Representação do Vetor-Aprendizagem. Fonte: Sales <i>et al.</i> (2019)	49
3.24	Modelo de Avaliação usando Learning Vectors. Fonte: Sales <i>et al.</i> (2019)	50
4.1	Arquitetura da Plataforma proposta	52
4.2	Compositor: arquitetura básica	54

4.3	Composer: Pré-visualização do Questionário	55
4.4	Modelo de Objeto Tangível de Aprendizagem proposto neste trabalho	56
4.5	Modelo BPMN para Criação de OTAs vinculados a uma plataforma educacional	57
4.6	Subprocesso ‘Definir Serviços’	57
4.7	Exemplo de definição de regra para caso de teste e sua tradução para linguagem JavaScript	59
4.8	Arquitetura do Servidor	60
4.9	Arquitetura do Player Tangível	61
4.10	Diagrama de Sequência - Conexão Websocket	63
4.11	Diagrama de Sequência para Pareamento	64
4.12	Diagrama de Sequência para envio de dados	67
4.13	Diagrama de Sequência para reconexão	68
4.14	Dúvida da Questão	72
4.15	Exemplo do ‘Tempo de Resposta’ de um Questionário (em segundos)	73
4.16	Diagrama BPMN para Definição dos Parâmetros das Métricas de Aprendizagem aplicadas a um OTA	77
4.17	Subprocesso para definição dos parâmetros do Nível de Compreensão da Questão	77
4.18	Subprocesso para definição dos parâmetros da Nota Ponderada	78
4.19	Exemplo de definição da NP para EF1 do Caso de Teste 1	78
4.20	Subprocesso para definição dos parâmetros da Nota Tradicional	79
4.21	Subprocesso para definição dos parâmetros da Dúvida	79
4.22	Subprocesso para definição dos parâmetros da Assertividade	80
4.23	Composer de OTA - Casos de Teste	80
4.24	Composer de OTA - Blockly	81
4.25	Player Tangível - Interface Física	83
4.26	Player Tangível - Interface Virtual	83
4.27	Esquemático do Circuito Elétrico utilizado no Player Tangível	84
4.28	Exemplo de Log de um objeto de aprendizagem tradicional	89
4.29	Exemplo de Log de um OTA	89
4.30	Exemplo de instâncias da Média Ponderada	90
4.31	Parâmetros do NCQ - Tópicos	91
4.32	Parâmetros do NCQ - Entradas	91
5.1	Estudantes organizados por grupos de pontuações	96
5.2	Estudantes agrupados por situação na pontuação	97
5.3	Tempo médio gasto nas perguntas de cada disciplina	98
5.4	Comparação A vs. NC - Língua Portuguesa	99
5.5	Tempo gasto pelos estudantes com menor NC	102
5.6	Grupo T: NT, NP, A e NC do Pré e Pós-Teste	107
5.7	Grupo T - Tempo de Resposta no Pré e Pós-Teste	109
5.8	NT - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T	113
5.9	NP - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T	115
5.10	A - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T	116
5.11	TR - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T	118
5.12	NC - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T	119
5.13	Parâmetros do NCQ - Casos de Teste	128
5.14	Exercício 1 - Quadrantes	129

5.15 Exercício 2 - Ângulos	146
5.16 Exercício 3 - Seno	161
5.17 Exercício 4 - Cosseno	167
5.18 Exercício 5 - Tangente	172
N.1 Tela 1 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário . . .	378
N.2 Tela 2 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário . . .	379
N.3 Tela 3 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário . . .	380
N.4 Tela 4 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário . . .	381
N.5 Tela 5 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário . . .	382

Lista de Tabelas

2.1 Funcionalidades dos OAs em uma ferramenta de autoria	23
3.1 <i>Design</i> experimental usado no estudo. Adaptado de Salehi <i>et al.</i> (2014)	29
3.2 Resumo - MF vs MV	29
3.3 Características Geométricas dos <i>MFV</i> desenvolvidos por Ha e Fang (2018)	31
3.4 Resumo - Manipulativos Tangíveis	35
3.5 Resumo - Sistemas Físico-Virtuais no Brasil	43
3.6 O índice de dificuldade significa o quanto difícil é uma questão ou tópico.	48
3.7 Valor do parâmetro Desvio	48
4.1 Atributos de um Objeto Tangível de Aprendizagem	58
4.2 Campos para troca de mensagens entre as entidades do Player Tangível	62
4.3 Mensagem de solicitação de pareamento	63
4.4 Mensagens de solicitação e de status da solicitação de pareamento	64
4.5 Solicitação de validação do <i>token</i>	65
4.6 Mensagem para validação do <i>token</i>	65
4.7 Mensagem para envio de dados da entrada física	66
4.8 Mensagem para envio de dados para a saída física	66
4.9 Mensagem para envio de resposta	67
4.10 Mensagem para solicitação de reconexão	67
4.11 Mensagem para solicitação de desconexão	68
4.12 Pesos das respostas - p	70
4.13 Notas do Estudante	70
4.14 Marcações	71
4.15 Dúvidas das Questões	71
4.16 Valores dos Índices de Dificuldade	75
4.17 Nível de Compreensão da Questão	75
4.18 Nível de Compreensão do Questionário	76
4.19 Aspectos Educacionais: Prancha Trigonométrica - Quadrantes	82
4.20 Recursos: Prancha Trigonométrica - Quadrantes	86
4.21 Definição de um caso de teste	87
4.22 Caso de Teste 1 - Regra 1	87
4.23 Caso de Teste 1 - Regra 2	87
4.24 Caso de Teste 1 - Regra 3	88
4.25 Nota Ponderada - Caso de Teste 1 - EF1	92
5.1 Classes de Estudantes	96
5.2 Prioridades das Disciplinas	97

5.3	Prioridades da Disciplina: Geografia	97
5.4	Tempo Gasto em Língua Portuguesa	98
5.5	Grau de Assertividade das Disciplinas	99
5.6	Estudantes com NC mais baixo	100
5.7	Acertos (1) e erros (0) - Língua Portuguesa	101
5.8	Tópicos de Língua Portuguesa	101
5.9	Prioridade dos Tópicos.	101
5.10	Turma - Prioridade dos Tópicos	102
5.11	Dúvida da Questão - Estudantes com menor <i>NC</i>	103
5.12	Objetivos - Fase 1	104
5.13	Questões (Q) e Métricas(M) - Fase 1	105
5.14	Grupo T - Pré-Teste	106
5.15	Grupo T - Pós-Teste	106
5.16	Grupo N - Pré-Teste	111
5.17	Grupo N - Pós-Teste	112
5.18	Grupo N - Pós-Teste 2	121
5.19	Objetivos - Fase 2	122
5.20	Questões (Q) e Métricas(M) - Fase 2	122
5.21	Aspectos Avaliados pelo TAM3	122
5.22	Média e Percentual da Utilidade Percebida	123
5.23	Média e Percentual da Satisfação Percebida	123
5.24	Média e Percentual da Intenção de Uso	124
5.25	Objetivos - Fase 3	127
5.26	Exercício 1 - Agrupamentos	130
5.27	Nota Tradicional - Cálculo por Entrada com método proporcional	130
5.28	Nota Tradicional - Cálculo por Casos de Teste	131
5.29	Nota Ponderada - Associação entre pesos, entradas e casos de teste	133
5.30	Nota Ponderada - Cálculo por Entrada	134
5.31	Nota Ponderada - Cálculo por Caso de Teste (com e sem agrupamento)	134
5.32	Prioridade com e sem agrupamento - Cálculo por Entradas	135
5.33	Prioridade - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)	136
5.34	Prioridade - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)	137
5.35	Dúvida Exercício 1 - Cálculo por Entradas	138
5.36	Dúvida Exercício A1 - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)	139
5.37	Dúvida - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)	140
5.38	Assertividade - Cálculo por Entradas	141
5.39	Assertividade - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)	141
5.40	Assertividade - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)	142
5.41	<i>NCQ</i> e <i>NC</i> - Cálculo por Entradas (sem agrupamento)	143
5.42	<i>NCQ</i> e <i>NC</i> - Cálculo por Entradas (com agrupamento)	144
5.43	<i>NCQ</i> e <i>NC</i> - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)	145
5.44	<i>NCQ</i> e <i>NC</i> - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)	145
5.45	<i>NT</i> - Cálculo por Entradas	147
5.46	<i>NT</i> - Cálculo por Casos de Teste (binário)	147
5.47	<i>NT</i> - Cálculo por Casos de Teste (binário)	148
5.48	<i>NT</i> - Cálculo por Casos de Teste (proporcional)	148
5.49	<i>NT</i> - Cálculo por Casos de Teste (proporcional)	149

5.50 <i>NP</i> - Cálculo por Entradas	149
5.51 <i>NP</i> - Cálculo por Casos de Teste	150
5.52 <i>NP</i> - Cálculo por Casos de Teste	150
5.53 <i>P</i> - Cálculo por Entradas	150
5.54 <i>P</i> - Cálculo por Casos de Teste (Binário)	151
5.55 <i>P</i> - Cálculo por Casos de Teste (Binário)	151
5.56 <i>P</i> - Cálculo por Casos de Teste (Proporcional)	152
5.57 <i>P</i> - Cálculo por Casos de Teste (Proporcional)	152
5.58 <i>D</i> - Cálculo por Entradas	153
5.59 <i>D</i> - Cálculo por Casos de Teste	154
5.60 <i>D</i> - Cálculo por Casos de Teste	155
5.61 <i>A</i> - Cálculo por Entradas	155
5.62 <i>A</i> - Cálculo por Casos de Teste	156
5.63 <i>A</i> - Cálculo por Casos de Teste	156
5.64 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EF1	157
5.65 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EF1	158
5.66 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EV1	158
5.67 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EV1	159
5.68 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EV2	159
5.69 <i>NCQ e NC</i> - Entrada EV2	160
5.70 <i>NC e NCQ</i> - Cálculo por Casos de Teste	160
5.71 <i>NC e NCQ</i> - Cálculo por Casos de Teste	160
5.72 <i>NT</i> - Nota Tradicional	162
5.73 <i>NP</i> - Nota Ponderada - Estudo	163
5.74 <i>NP</i> - Nota Ponderada - Avaliação	163
5.75 <i>P</i> - Prioridade	164
5.76 <i>D</i> - Dúvida	164
5.77 <i>A</i> - Assertividade	165
5.78 <i>NCQ e NC</i>	166
5.79 <i>NT</i> - Nota Tradicional	167
5.80 <i>NP</i> - Nota Ponderada - Modo Estudo	168
5.81 <i>NP</i> - Modo Avaliação	169
5.82 <i>P</i> - Prioridade	169
5.83 <i>D</i> - Dúvida	170
5.84 <i>A</i> - Assertividade	171
5.85 <i>NCQ e NC</i>	171
5.86 <i>NT</i> - Nota Tradicional	173
5.87 <i>NP</i> - Nota Ponderada - Modo Estudo	173
5.88 <i>NP</i> - Nota Ponderada - Modo Avaliação	173
5.89 <i>P</i> - Prioridade	174
5.90 <i>D</i> - Dúvida	174
5.91 <i>A</i> - Assertividade	175
5.92 <i>NCQ e NC</i>	176

Lista de Códigos-fonte

1	Exemplo de mensagem JSON	63
---	--------------------------	----

Capítulo 1

Introdução

Na sociedade atual, os artefatos tecnológicos são parte integrante da vida das pessoas, moldando seu relacionamento consigo mesmas e com o mundo (Leitão, 2014). Além disso, a possibilidade de armazenar e analisar grandes volumes de dados tem permitido que tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA) sejam cada vez mais utilizadas para melhorar processos nos mais diversos setores da sociedade, facilitando tomadas de decisões e reduzindo desperdícios de recursos. Assim, em 2011, na Feira de Hannover (Alemanha) cunhou-se o termo “Indústria 4.0” que denomina uma Quarta Revolução Industrial, cujo objetivo é tornar os processos industriais mais inteligentes e autônomos utilizando, dentre outras coisas, Inteligência Artificial, Sistemas Ciber-Físicos (CPS) e a emergente Internet das Coisas (IoT) (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2014; Almeida, 2018).

Para cumprir mais eficazmente o seu papel de integração e socialização da cultura e do conhecimento, a escola não teria como passar imune a essa nova revolução (Nogueira e Nogueira, 2013; Levy, 2010). Assim, a escola precisa, não somente inserir recursos tecnológicos dentro dos processos de ensino-aprendizagem, mas, propor novas metodologias e práticas pedagógicas (Sousa *et al.*, 2011) que, integradas às novas tecnologias, ajudem os alunos a desenvolver as competências e habilidades necessárias a dinamicidade do novo mundo a partir da nova revolução industrial (Führ, 2018), isto é, ultrapassando a noção de educação como mera aquisição de conhecimento fechado e em escala industrial, proveniente das duas primeiras revoluções industriais (Intelitek, 2018).

Essa demanda de integração da tecnologia nos ambientes educacionais tem possibilitado a construção de novos cenários de aprendizagem e a utilização de ferramentas que colaborem, tanto com os processos de ensino quanto de avaliação do desempenho dos estudantes, através do reconhecimento de contextos, atividades ou comportamentos dos estudantes durante a aula e, assim, façam recomendações com o objetivo de melhorar a qualidade da educação (Cheng *et al.*, 2006; Dong *et al.*, 2007; Mathioudakis *et al.*, 2013). Tal integração pode envolver aplicações dos conceitos de Internet das Coisas, Inteligência Ambiental (*Ambient Intelligence*), Aprendizagem Ubíqua, Ciência de Contexto (*context-awareness*), Sistemas Multiagente e Sistemas

Ciberfísicos (Oluwagbemi *et al.*, 2014; Xue *et al.*, 2011) e tem sido chamada de **Educação 4.0** (Hussin, 2018).

Além disso, especialmente relacionado aos sistemas ciberfísicos, é importante destacar que a integração de interfaces tangíveis (Seção 2.3.4) em ambientes de aprendizagem, tornando-os ambientes tangíveis, adicionam novas perspectivas ao processo de ensino-aprendizagem, uma vez que a metodologia pedagógica pode ser expandida para além dos objetos de aprendizagem tradicionais (baseados apenas em interação virtual), passando a incluir também manipulativos físicos dentro de um horizonte computacional.

1.1 Contexto

Segundo Bassedas *et al.* (1996), o objetivo da escola, enquanto instituição, é a educação dos alunos que, para ele, significa a transmissão e o ensino de conteúdos determinados. Num sentido amplo, esses conteúdos seriam conceitos, acontecimentos, procedimentos, atitudes, valores e normas. Desse modo, pode-se afirmar que a função principal da escola é introduzir o indivíduo na sociedade.

Além disso, para o sociólogo da educação Pierre Bourdieu, o sucesso escolar do estudante depende de levar em consideração a bagagem que ele traz consigo (Nogueira e Nogueira, 2013). Desse modo, o uso de um determinado capital cultural (por exemplo, o uso de dispositivos móveis e da internet) previamente pertencente ao estudante facilitaria o processo de ensino-aprendizagem dos códigos e conteúdos transmitidos pela escola formal. Além disso, para Bassedas *et al.* (1996), tal processo possui três elementos: o estudante, os conteúdos de aprendizagem e o professor.

Assim, tendo em vista as infinitas possibilidades que emergem da Educação 4.0, este trabalho está situado no contexto do desenvolvimento de ambientes tangíveis de aprendizagem com enfoque na utilização de ferramentas de apoio às atividades do professor e do estudante. No lado do professor, a novidade está na geração e no uso de materiais didáticos diferenciados que possibilitem inclusive uma avaliação da aprendizagem dos estudantes. No lado do estudante, a novidade está na inserção de ferramentas e objetos tangíveis de aprendizagem que sejam mais interessantes do que o ensino tradicional, possibilitando que o mesmo possa executar atividades que levem à construção de conhecimento.

Como ponto de partida, foi aprimorada uma plataforma inicialmente proposta na dissertação de mestrado de Leitão (2017), a qual é composta de quatro partes: (i) Compositor, que é uma ferramenta para geração de material didático a partir de objetos de aprendizagem inseridos pelo professor ou provenientes de um repositório; (ii) Player, que propõe uma interface multiplataforma responsável pela execução da aula em dispositivo portátil, incluindo possibilidades de interação tangível; (iii) Servidor, que é responsável pela criação, gerenciamento da sala de aula, exibição dos recursos educacionais, além da comunicação entre as partes do objeto tangível de aprendizagem; e (iv) Analíticos, que é responsável pelo cálculo das métricas de avaliação da aprendizagem e pela

geração de gráficos que auxiliem o professor na percepção do impacto de determinada atividade educacional na turma e futuras tomadas de decisões metodológicas. Tais ferramentas serão melhor apresentadas ao longo desta proposta, onde também serão introduzidas as futuras modificações para implementação do novo sistema.

1.2 Definição do Problema

Segundo o filósofo francês Levy (2010), a partir dos anos 80, com a invenção e popularização do computador pessoal, a informática foi perdendo seu *status* de técnica aplicada somente ao setor industrial, para fundir-se à cultura, tornando-se cada vez mais integrada às relações sociais, trabalhistas e organizacionais, criando um ambiente virtual (cibernético) baseado em bits, memórias, grande capacidade de processamento e transmissão de dados.

Assim, num mundo cada vez mais digitalizado, Kenski (2007) afirma que o papel social das tecnologias da informação nas relações humanas permite novas e diferentes possibilidades para a educação à medida que transformam ou mesmo transcendem o espaço físico em que ela ocorre e à medida que possibilitam novas relações com os conhecimentos e com o outro, onde todos se tornam educadores e aprendizes.

Essas novas relações com o mundo, proporcionadas pela tecnologia, tem propiciado uma revolução no ensino e promovido o desenvolvimento de diversas modalidades de ensino à distância e, mais recentemente, com a pandemia de COVID-19, a utilização do ensino remoto emergencial evidenciou ainda mais a necessidade de uma maior integração entre a educação presencial e os novos recursos tecnológicos existentes, de modo a minimizar as dificuldades encontradas quando da necessidade de distanciamento físico entre os participantes do processo educacional.

O problema considerado nesta Tese pode ser expresso através da seguinte pergunta: é possível a construção de um ambiente de educação suportado por tecnologia que utilize recursos computacionais tangíveis como parte integrante do processo de ensino-aprendizagem e que, adicionalmente, proveja elementos que auxiliem na avaliação e acompanhamento dos estudantes?

O problema em questão, da construção de ecossistemas tangíveis de aprendizagem, traz consigo uma série de desafios inerentes, tanto ao componente físico quanto ao componente digital, tais como os apresentados por Leitão e Barreto (2019): (i) como registrar as interações entre os estudantes e o ambiente físico-digital, e como usar tais informações para avaliar a experiência de aprendizado e das condições do ambiente de ensino; (ii) como identificar as eventuais ações corretivas a serem tomadas; (iii) quais recomendações podem ser feitas para melhorar a qualidade da aprendizagem; e (iv) como definir o progresso, ou falta dele. Para tanto, dentro do contexto de ambientes tangíveis, há ainda a necessidade de métodos, técnicas e ferramentas que consigam medir o progresso de cada aluno individualmente e em grupo, e como recomendar experimentos tangíveis para que um aluno venha a melhorar o seu desempenho acadêmico.

Além disso, algumas dificuldades potenciais inerentes a esses desafios foram identificadas e estão descritas a seguir: (i) na base de dados do CBIE há apenas três artigos que tratam especificamente desse tema, onde apenas um deles propõe uma plataforma básica para implementação de ambientes físico-virtuais na educação (Santos *et al.*, 2014); (ii) há um problema de se fazer recomendações e avaliações de objetos tangíveis uma vez que não há um repositório dos mesmos; (iii) há um problema para a criação e descrição de objetos tangíveis de aprendizagem porque não há um padrão de metadados e/ou ontologias que tratem desses objetos de forma adequada; e (iv) há uma problema de sistematização da execução desses objetos, visto que os objetos criados não estão integrados a nenhuma plataforma ou a quaisquer ambientes de aprendizagem.

A resolução desses problemas demanda um bom esforço da comunidade científica, mas, pode abrir caminho não apenas para a obtenção de dados empíricos de interação dos estudantes com o material didático do tipo manipulativo físico, mas, a análise desses dados proverá um conhecimento dos processos de aprendizagem dos estudantes que possibilitará: (a) adaptação dos conteúdos das aulas, a partir das necessidades da turma e durante a aula; (b) geração de recomendações ao professor relacionadas a atividades pedagógicas que mais ajudem a sanar deficiências de aprendizagem; (c) extensão do ambiente de aprendizagem para todo e qualquer lugar, de forma que o estudante possa construir e aprofundar conhecimentos a partir da interação com o mundo físico.

1.3 Motivação

Na Seção 1.2 (Definição do Problema) foi comentado sobre como o advento e a popularização da informática provocaram uma revolução social e modificaram profundamente o modo como as pessoas se relacionam consigo mesmas e com o mundo. Não obstante, a computação continua evoluindo, inovando e tornando-se cada vez mais ubíqua.

Essa ubiquidade da computação está atrelada ao emergente conceito de computação pervasiva que, segundo Satyanarayanan (2001), é caracterizada não apenas pela invisibilidade dos recursos computacionais por parte dos usuários, mas, também pelo aprofundamento da noção de espaços inteligentes, que se adaptam aos mais diversos contextos.

Além disso, de acordo com Caron (2018), a nova educação, que surge da revolução da Educação 4.0, precisa ajudar os alunos a desenvolver habilidades como: (i) comunicação e colaboração; (ii) iniciativa e empreendedorismo; (ii) pensamento crítico e analítico; (iv) curiosidade e imaginação; e, (v) domínio das tecnologias. Para tanto, tem-se intuído que o uso de metodologias ativas é essencial, isto é, as estratégias pedagógicas precisam levar em consideração o protagonismo do aluno no processo de aprendizagem.

Andrade (2018) elenca cinco abordagens que implementam metodologias ativas no contexto educacional: (i) Ensino Híbrido, cuja base é a integração entre o ensino online e offline; (ii) Aprendizagem Baseada em Projetos, cujo trabalho de investigação é responder uma pergunta ou desafio complexo; (iii) Sala de Aula Invertida, onde, primeiramente, os alunos estudam o conteúdo

em casa e, então, na escola, todos compartilham e esclarecem dúvidas e aprendizados mediados pelo professor; (iv) STEAM, que é uma forma de aprendizagem interdisciplinar com enfoque prático nas áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática; e, por fim, (v) Cultura Maker, que visa ser uma abordagem de aprendizagem criativa e prática, baseada no princípio DIY (*Do It Yourself*), que tem usado plataformas de prototipagem eletrônica como Arduíno e Microbit no contexto educacional. Entretanto, é importante salientar que uso de uma ou outra abordagem depende principalmente dos objetivos pedagógicos e dos objetos de aprendizagem utilizados de modo que, por princípio, a plataforma proposta neste trabalho deve possibilitar a escolha da estratégia mais adequada a cada caso.

Dessa forma, a inserção e utilização de recursos computacionais no processo de ensino-aprendizagem presencial serve a uma dupla finalidade, a saber:

1. **Revisão e adaptação do método de ensino:** Mais do que mera inserção de novas tecnologias, o uso de ferramentas computacionais no ambiente de sala de aula motiva uma verdadeira revisão dos métodos de ensino. Tal reformulação permite tornar o processo de aprendizagem mais atraente, especialmente por privilegiar e oportunizar uma dimensão de interatividade com o conteúdo educacional, seja através de jogos, de laboratórios virtuais ou de desafios que instiguem a capacidade de resolução de problemas (Sousa *et al.*, 2011; Chang *et al.*, 2014; Hwang *et al.*, 2009; Dekdouk, 2012), seja através de dicas, curiosidades ou conteúdos sugeridos a partir das interações físicas do estudante captadas pelo sistema (Santos *et al.*, 2014).
2. **Maior conhecimento formal do perfil dos estudantes:** Com o apoio de tecnologias capazes de obter dados de interação dos estudantes ao longo do processo de aprendizagem, torna-se possível a geração de gráficos e análises que ofereçam suporte ao professor na avaliação e nas tomadas de decisão que envolvam, por exemplo, a adição de atividades pedagógicas que reforcem a aprendizagem de um conteúdo ou competência, além de estratégias pedagógicas potencialmente mais eficientes. Assim, os dados obtidos a partir das aulas e processos avaliativos podem permitir melhores inferências relacionadas ao perfil de aprendizagem e às dificuldades de uma turma ou estudante e, assim, recomendações de atividades ou estratégias mais adequadas e adaptadas às suas necessidades e demandas.

Não obstante os riscos e dilemas éticos da inserção de novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, tais como o monitoramento constante das atividades dos atores envolvidos nos processos, a possibilidade de um maior controle do indivíduo, o uso dos saberes e recursos prévios dos estudantes e, ainda, a inserção de sistemas tangíveis, que mesclam as interações físicas com os conteúdos curriculares, pode motivá-los, diminuindo assim as barreiras para construção e, posterior retenção de conhecimento (Nogueira e Nogueira, 2013; Sousa *et al.*, 2011).

1.4 Objetivos

Propor uma plataforma de educação apoiada por tecnologia que integre manipulativos tangíveis e métricas de avaliação da aprendizagem e, analisar como manipulativos tangíveis criados através do modelo proposto podem auxiliar no processo e acompanhamento do ensino-aprendizagem.

Os objetivos específicos são:

1. Propor um método de composição e execução de aulas que integre objetos tangíveis de aprendizagem;
2. Propor uma forma de registro das interações entre os estudantes e o ambiente tangível, gerando métricas de aprendizagem que avaliem a experiência de aprendizado;
3. Verificar se um objeto tangível de aprendizagem criado usando o modelo de processos proposto colabora positivamente para a aprendizagem;
4. Comparar um objeto tangível de aprendizagem criado usando o modelo de processos proposto e o modelo tradicional de ensino;
5. Identificar a aceitação dos estudantes com relação a utilização de objeto tangível de aprendizagem no processo de ensino-aprendizagem;
6. Identificar como um objeto tangível de aprendizagem criado usando o modelo de processos proposto pode ser utilizado na avaliação/acompanhamento da aprendizagem dos estudantes.

1.5 Método da Pesquisa

Os procedimentos metodológicos a serem adotados neste trabalho são baseados no paradigma construcionista, proposto por Papert e, embora sua proposta inicial utilize uma linguagem de programação chamada *Logo* para mediar o processo de aprendizagem, essa abordagem pode ser extrapolada. Assim, é possível transferir as atividades propostas no Construcionismo para fora do contexto de programação (Almeida, 2000), de modo que a execução metodológica do paradigma consiste em um ciclo de quatro atividades principais (Veja Figura 1.1), tais como apresentadas por Valente (1993):

1. **Descrição:** descrição das ideias para solução de um problema;
2. **Execução:** executar as ações descritas com vistas a resolver tal problema;
3. **Reflexão:** refletir sobre o produto da ação, sobre os conceitos empregados, sobre os erros ou falhas durante o processo;

4. **Depuração:** quando o resultado não corresponde ao que foi idealizado, então, é necessário revisar e modificar a descrição para novamente executar e refletir sobre a resolução do problema.

Na fase de **Descrição**, a Revisão da Literatura foi feita como meio de buscar publicações que sirvam de referência para a construção da tese. Além disso, foram cursadas disciplinas do Programa de Pós-graduação em Informática que pudessem ajudar na construção deste projeto de Doutorado, dentre elas, Tópicos Especiais em Inteligência Artificial cujo enfoque dado foi no uso de Computação Cognitiva e Projeto e Análise de Algoritmos, onde foram analisados algoritmos que implementam técnicas de fatoração de matrizes para sistemas de recomendação, tais conteúdos estavam previstos em uma proposta inicial de tese que foi revisada e modificada.

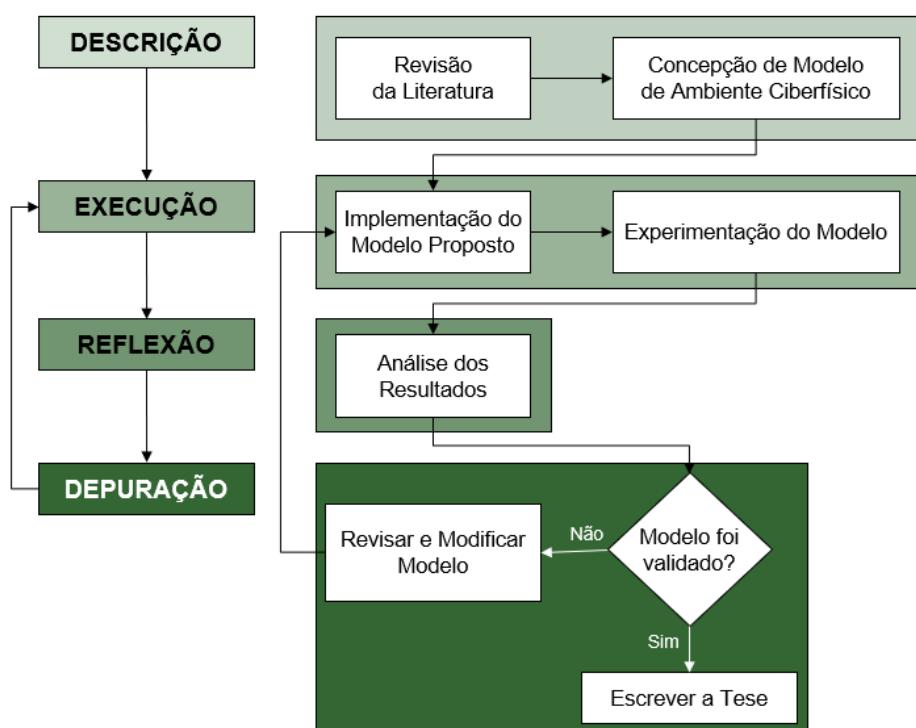


Figura 1.1: Metodologia da pesquisa baseada no construcionismo de Papert

Ainda nessa fase, foi descrita a concepção da arquitetura e modelos do sistema proposto, tendo como base o ambiente de educação digital proposto no mestrado do proponente (Leitão, 2017). Tal arquitetura foi expandida de modo a adicionar novas funcionalidades nos módulos existentes, tal como apresentado no Capítulo 4.

A fase de **Execução** é a fase de implementação e execução das ações descritas no Modelo com vistas a resolver o problema, além de realizar experimentos e observações para obtenção de resultados mensuráveis. Na fase de **Reflexão**, os resultados obtidos e os conceitos empregados são analisados e avaliados. Haverá também reflexão sobre os acertos, erros ou falhas ao longo do processo. A fase de **Depuração** visa revisar e, caso necessário, modificar a descrição e a implementação do Modelo fazendo ajustes para que o mesmo alcance os objetivos propostos. Assim, caso necessário, são novamente realizados as fases de “Execução” e “Reflexão”.

1.6 Abordagem Proposta

Tendo em vista os desafios emanados da urgente necessidade de adaptação dos processos educacionais à nova realidade da Educação 4.0 de modo a incluir elementos de inteligência artificial, ciência de dados, internet das coisas e sistemas ciberfísicos no contexto educacional, com vistas a aprimorar as experiências de ensino-aprendizagem, tais como: a criação de ambientes de aprendizagem que incorporem elementos que tenham componentes que sejam físicos e digitais e atuem de forma integrada; a coleta de dados de interação dos estudantes em ambos os componentes (físico e digital) de um objeto tangível; avaliação da aprendizagem através das experiências pedagógicas proporcionadas por objetos tangíveis de aprendizagem; e, a recomendação de objetos tangíveis de aprendizagem bem como a criação de padrões de metadados e de um repositório que permitam o reuso destes objetos.

Esta tese apresenta uma abordagem onde são propostas uma arquitetura e um conjunto de ferramentas que permitem a criação de uma aula com utilização de objetos tangíveis de aprendizagem, inclusive no processo de avaliação da aprendizagem. Assim, o método proposto nesta tese consiste de quatro componentes, sendo: (i) compositor: ferramenta para autoria de objetos tangíveis de aprendizagem que implementa uma proposta de modelo para estes objetos; (ii) servidor: *middleware* para trocas de mensagens entre os componentes físicos e digitais, além de recepção e consolidação dos dados coletados de interação dos estudantes com o material didático; (iii) player físico-virtual: interface de usuário para manipulação física ou digital dos objetos de aprendizagem, sendo também responsável pela coleta dos dados de interação e seu envio ao servidor; e, (iv) analíticos: módulo que implementa as métricas de avaliação da aprendizagem propostas nesta tese com o objetivo de gerar análises sobre as demandas dos estudantes.

Além disso, será apresentado um estudo de caso que servirá para validar e aprimorar a abordagem apresentada. Tal estudo de caso consiste na criação e utilização de um objeto tangível de aprendizagem baseado no método proposto que implementa o manipulativo “quadro trigonométrico” e proverá dados para análise da aprendizagem.

1.7 Organização do Trabalho

A introdução deste trabalho apresentou o contexto, definição do problema, motivação e os objetivos desta pesquisa. Os capítulos restantes deste trabalho estão organizados da seguinte forma. No Capítulo 2, **Conceitos e Definições**, são apresentados pressupostos pedagógicos e conceitos-chave abordados por este trabalho, tais como: educação e práticas pedagógicas, as teorias sociopedagógicas, além de detalhes sobre a computação aplicada à educação. No Capítulo 3, **Trabalhos Correlatos**, são apresentados e discutidos alguns dos principais trabalhos relacionados ao uso de sistemas ciber-físicos em educação, além de ferramentas de autoria de objetos de aprendizagem e de avaliação da aprendizagem. No Capítulo 4, **Método Proposto**, são descritas a arquitetura e a abordagem propostas nesta Tese para criação de um ambiente de

educação digital que suporte uma aula contendo objetos físico-virtuais de aprendizagem, além de permitir a avaliação da aprendizagem dos estudantes. Além disso, são também apresentadas as ferramentas desenvolvidas para implementação do estudo de caso que embasará a validação do método proposto. No Capítulo 5, **Resultados Experimentais**, são detalhadas as fases e os resultados do estudo de caso utilizado para validação da proposta apresentada neste trabalho. E, por fim, no Capítulo 6, **Conclusões**, são expostas as considerações finais e os trabalhos futuros.

Capítulo 2

Conceitos e Definições

Este capítulo faz uma contextualização teórica a partir de elementos utilizados na construção de ambientes de aprendizagem apoiados por tecnologia, tais elementos vão de novos paradigmas educacionais a áreas emergentes da Computação.

2.1 Educação e práticas pedagógicas

Em nossa sociedade, a escola é a detentora oficial e formal dos mecanismos de validação do saber. Por isso, segundo Nogueira e Nogueira (2013), em sua crítica à educação escolar, Bourdieu atenta para o problema de que a escola pode legitimar e reforçar as desigualdades sociais, caso não leve em consideração, em suas metodologias, a herança socialmente herdada pelos indivíduos que nela estudam. Desse modo, faz-se urgente e necessário buscar estratégias pedagógicas que diminuam o abismo entre o conhecimento oficialmente balizado e os capitais sociais e culturais dos estudantes economicamente menos favorecidos, para assim, colaborar mais eficazmente no seu êxito escolar.

2.1.1 Educação, fracasso escolar e mudanças pedagógicas

Propor quaisquer modificações em metodologias pedagógicas ou processos educativos sem um questionamento prévio acerca do significado daquilo que está sendo feito, do contexto no qual se está inserido ou, ainda, sem considerar os diversos atores e elementos envolvidos nesses processos, pode contribuir ainda mais com o que se costuma chamar de “fracasso escolar” e que, para Collares (1989), tem fatores extra e intra escolares que precisam ser levados em consideração. Os fatores extra escolares são aqueles relacionados às condições de vida e subsistência, onde estudantes de classes mais pobres são prejudicados pelas péssimas condições econômicas, de saneamento básico, de moradia, alimentação e diversas outras privações.

Dentre os fatores intra escolares estão os programas de curso, os currículos, os trabalhos dos professores e os processos avaliativos. Para vários críticos da educação brasileira, dentre

eles Collares (1989) e Perrenoud e Schilling (2001), o fracasso escolar depende mais dos fatores intra do que dos extra escolares. Todavia, para um melhor entendimento do problema, os fatores externos precisam estar articulados em relação aos internos, de modo que a caracterização do fracasso escolar deveria ser considerada menos como um problema de aprendizagem, isto é, vindo de deficiências do aluno, e mais como um problema de “ensinagem”, vindo do sistema de ensino (Collares, 1989).

Pensar a melhoria e a eficiência da educação escolar a partir da necessidade de modificação dos processos educacionais, tem sido objeto de muitas análises ao longo dos anos, principalmente quando é feita uma crítica sociológica da educação, tal como pode ser constatado ao ler obras de pensadores como Charlot (2000), Freire (1987) e Pierre Bourdieu (Nogueira e Nogueira, 2013). Destas leituras críticas, surgiram questionamentos e abordagens que levaram a novas concepções e tentativas de romper com um sistema concebido em uma época diferente da atual e que, por isso, já não consegue cumprir seu papel social. Assim, para uma educação de maior qualidade, é necessário reconhecer que o conhecimento é construído a partir da interação do indivíduo com o mundo ao seu redor e da significação que ele dá àquilo que o interpela, às atividades que executa e às interações sociais que estabelece com outros (Charlot, 2000).

2.1.2 Elementos do Processo de Ensino-Aprendizagem

De acordo com Bassedas *et al.* (1996), o processo de aprendizagem, com interações complexas e variadas, possui pelo menos três elementos: (i) o estudante; (ii) os conteúdos de aprendizagem; e (iii) o professor. Sobre o estudante, pode-se retomar o pensamento de Pierre Bourdieu, onde cada indivíduo possui uma bagagem socialmente herdada, de modo que o sucesso escolar depende, em grande medida, de se levar em consideração os diversos tipos de capitais (econômico, social, cultural,...) que ele traz consigo para a escola (Nogueira e Nogueira, 2013). Em outras palavras, significa dizer que para um processo educativo ter êxito, é preciso que a escola adapte seus processos ao grupo ou ao indivíduo no contexto de aprendizagem. Além disso, tal adaptação precisa levar em consideração diversos elementos, dentre eles, o acesso aos conteúdos de aprendizagem.

Levy (2010), ao discorrer sobre a Cibercultura, faz uma profunda discussão sobre a relação entre cultura, sociedade e técnica, apresentando a ideia de que esses três elementos são indissociáveis, mas, o fator humano é o mais preponderante, visto que, são as pessoas que produzem, utilizam e significam de diversos modos as diferentes técnicas.

Entretanto, Kenski (2007), recorda que, por vivermos em um mundo imerso na tecnologia, estamos acostumados a certos confortos, como água encanada, luz elétrica, sapatos, Internet, e outros. Alguns desses elementos técnicos estão de tal maneira presentes na vida das pessoas que sua visão e significação do mundo passa necessariamente por essa base. Deste modo, um melhor proveito das novas tecnologias da informação no contexto educacional, exige que os conteúdos de

aprendizagem não apenas estejam disponíveis nos dispositivos e canais de comunicação, mas, que usem linguagens e metodologias que verdadeiramente se comuniqueem com os estudantes.

Segundo o pensamento de Bassedas *et al.* (1996), não faz sentido pensar um processo de aprendizagem voltado para o êxito escolar do estudante sem tomar o professor como um elemento igualmente importante. De acordo com Perrenoud e Schilling (2001), para que haja êxito escolar, o professor é o principal elemento a ser modificado. Por esse motivo, a inserção e a adaptação de recursos computacionais precisam levar em consideração a atuação e o papel do professor no contexto educacional, papel este que, gradativamente, migra de uma posição centralizadora, para uma postura de mediação.

O papel de mediador pressupõe o professor como um impulsionador da busca pelo conhecimento, que atue não como simples apresentador de conteúdo, mas, como agente de promoção de oportunidades que colaborem com o desenvolvimento do estudante, do seu pensamento crítico e da sua autonomia na busca pelo conhecimento (Chiovatto, 2000). Nesse sentido, a inserção de recursos computacionais no contexto de educação, implica em proporcionar ao docente um ambiente no qual ele se sinta seguro, livre e motivado a exercitar sua criatividade. Para que isso ocorra, é fundamental que as novas ferramentas e metodologias o façam sentir-se menos ameaçado com uma suposta perda de autoridade e centralidade, e mais empoderado com as oportunidades ação e intervenção (Perrenoud e Schilling, 2001).

2.2 Teorias Sociopedagógicas

Para realizar qualquer intervenção no processo de ensino-aprendizagem é preciso entender como ele acontece, por isso, é necessário adentrar na discussão sobre abordagens e concepções pedagógicas (Bassedas *et al.*, 1996).

2.2.1 A Construção do Conhecimento a partir da Experiência

De acordo com vários teóricos da educação, dentre eles, Seymour Papert, a inserção dos recursos computacionais no processo de ensino-aprendizagem pode colaborar com a urgente demanda de atualizar as metodologias educacionais (Almeida, 2000). Assim, nesta seção, serão apresentados alguns elementos das concepções e abordagens pedagógicas propostas por pensadores como Dewey, Paulo Freire, Piaget e Vygotsky que proverão fundamentos para a proposta apresentada neste trabalho.

2.2.1.1 Método por Descoberta

John Dewey propôs uma concepção de educação com base empírica a partir da aplicação do método científico, salientando a aquisição do conhecimento como um processo de reconstrução contínua a partir da reflexão sobre as experiências anteriores do indivíduo (Dewey, 1971).

Segundo Almeida (2000), o uso do método empírico envolve quatro etapas:

1. **Ação:** experiência a partir de um objeto físico.
2. **Testagem:** reflexão para testar as hipóteses levantadas, o que permite encontrar outros objetos.
3. **Depuração:** comparação entre os resultados obtidos e os esperados, a fim de corrigir os erros cometidos ou confirmar o que já se esperava.
4. **Generalização:** transferência dos resultados a situações diferentes a partir da observação de novas experiências.

Esta abordagem de Dewey leva em consideração que toda experiência humana decorre de interações e que é papel do professor compreender o processo de aprendizagem dos alunos, conhecendo seus interesses, necessidades, capacidades e experiências anteriores, para que possa propor ações que possibilitem novas interações e experiências significativas. Assim, tanto o professor, quanto o aluno precisam estar engajados como parceiros e assumindo uma postura de aprendizado (Almeida, 2000).

2.2.1.2 Educação Emancipadora

Paulo Freire critica a concepção dos processos de ensino-aprendizagem voltados a mera transmissão do conhecimento, considerando a acumulação deste por parte do aluno, como um ‘depósito’ para uso futuro. Tal modelo é chamado por ele de educação bancária e é contraposto pela sua proposta pedagógica de caráter progressista e libertador (Freire, 1987; Almeida, 2000).

A pedagogia proposta por Paulo Freire preocupa-se com que o aluno construa seu próprio conhecimento através da experiência direta, aprendendo a ler a palavra a partir do mundo (Almeida, 2000). Assim, para Freire, a escola precisa ser completamente modificada e atualizada, embora mantendo a sua condição de espaço-tempo que proporciona “o conhecimento do conhecimento já existente”, a fim de se que possa produzir novos conhecimentos (Freire e Papert, 1996).

2.2.1.3 Conhecimento como construção progressiva

De acordo com Almeida (2000), Piaget afirma que o conhecimento não é transmitido, mas, construído progressivamente a partir de interações entre o sujeito e seu meio. Assim, para Piaget, a inteligência é um recurso que possibilita a adaptação do sujeito ao meio, mas, que depende da combinação entre a assimilação e a acomodação.

Os processos de assimilação são caracterizados pela atuação do sujeito sobre um objeto, onde os elementos deste objeto são incorporados às estruturas existentes ou em formação no sujeito. Já os processos de acomodação estão relacionados a atuação do sujeito sobre si próprio, a partir da transformação que os elementos assimilados provocam no próprio sujeito. Assim, o conhecimento é construído no processo de adaptação do sujeito que acontece no equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, a partir da interação com um objeto (Almeida, 2000).

Tendo isso como pressuposto, seria função dos processos pedagógicos promover interações (experimentações) entre o sujeito e os objetos que favorecessem a construção progressiva das estruturas de inteligência a partir da reflexão e da descoberta. No contexto desta tese, será proposto um ambiente e um modelo para integração de manipulativos tangíveis de aprendizagem que possibilitem experiências que promovam a construção do conhecimento por parte dos estudantes.

2.2.1.4 Zona de Desenvolvimento Proximal

Vygotsky propôs a teoria histórico-social onde afirma que o conhecimento é edificado e construído a partir dos contextos sociais da aprendizagem (Vygotsky, 1998). Assim, fica evidenciada a importância da cultura na aprendizagem, pois, é a cultura que determina quais habilidades e saberes são necessárias para estar socialmente presente na e com a sociedade.

Rego (2013) afirma que para que a aprendizagem aconteça é fundamental que se tenha: (a) mediação, (b) linguagem, (c) processo de internalização e (d) níveis de desenvolvimento. Destes quatro elementos, destacamos a mediação e os níveis de desenvolvimento, onde, no primeiro momento, a relação do ser humano com o mundo, e consequentemente sua aprendizagem, é entendida como uma relação mediada por objetos, símbolos, outro ser humano ou elementos. Nessa perspectiva, o papel social do professor e da tecnologia é o de mediar o processo de aprendizagem.

Além disso, é preciso considerar que, pela teoria histórico-social, o ser humano possui um nível de desenvolvimento atual e um nível potencial. O atual tem relação com aquilo que o estudante já conhece e, portanto, sabe fazer por conta própria, isto é, o conhecimento já construído, enquanto o potencial diz respeito às possibilidades de conhecimento a ser construído. Assim, Vygotsky (1998) infere a existência de uma distância entre os níveis de desenvolvimento atual e potencial, a qual chama de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

Desse modo, o professor deve conhecer o que cada aluno já traz consigo e o que poderá construir para, assim, identificar a ZDP de cada um e atuar adequadamente no processo de aprendizagem, ajudando no estabelecimento de novas estruturas e conhecimentos Almeida (2000). Assim, é importante salientar que a inserção das novas tecnologia nos processos educacionais pode auxiliar o professor tanto na identificação quanto na criação da ZDP, além de permitir um nível de autonomia do estudante no processo de busca e construção do conhecimento.

No contexto desta tese, além dos objetos de aprendizagem tradicionais e dos manipulativos tangíveis, serão apresentadas métricas que possibilitem a avaliação e o acompanhamento da aprendizagem dos estudantes, de modo a fornecer aos entes envolvidos no processo de ensino-aprendizagem mais elementos que auxiliem na percepção do que precisa ser apreendido pelos estudantes.

2.3 Computação Aplicada à Educação

A Educação 4.0, pressupõe que a computação facilite e aprimore os processos educacionais, alterando drasticamente os diversos elementos pedagógicos, seja o ambiente de sala de aula, seja as atividades de aprendizagem ou seja os mecanismos de avaliação e acompanhamento. Desse modo, o principal objetivo de aliar o uso de dispositivos móveis, sensores, Internet das Coisas e sistemas ciber-físicos aos processos educacionais é colaborar com que as diversas situações de ensino-aprendizagem sejam mais interessantes e eficientes.

Nesta Tese, a essa integração entre sala de aula e tecnologia denominamos Educação Digital e alguns conceitos relacionados são apresentados a seguir.

2.3.1 Objetos de Aprendizagem

Seja em processos educativos mais tradicionais, seja onde há primazia da autonomia do estudante na construção do conhecimento, a inserção das novas tecnologias na educação tem demandado a geração de diversos materiais educacionais (Tarouco *et al.*, 2004).

Esses materiais são o que chamamos de “Objetos de Aprendizagem” (OA) e podem ser categorizados, armazenados, distribuídos ou reusados e sempre estão atrelados a educação apoiada por tecnologia. Sendo assim, são considerados objetos de aprendizagem: imagens, gráficos, vídeos, áudios, *slides* ou qualquer outra ferramenta ou recurso digital com finalidade educacional que contenha informações sobre o contexto de utilização (Tarouco *et al.*, 2004).

Além da **reusabilidade**, OAs possuem ainda as seguintes características: **(i) acessibilidade:** possível de ser usado remotamente e simultaneamente em diversos lugares; **(ii) portabilidade:** um recurso produzido em um local e com uma ferramenta pode ser usado em outro local com outra ferramenta; **(iii) modularidade:** um objeto pode estar contido em outro, podendo ser combinados;

(iv) autossuficiência: um objeto não depende de outros para fazer sentido; **(v) metadados:** são descritos por metadados como nome do autor, data, idioma, objetivos educacionais (Tarouco *et al.*, 2004; Sabbatini, 2013).

Considerando que um objeto de aprendizagem é um recurso didático (vídeo, slide, áudio, imagem, etc) a ser inserido no processo educativo, a composição e a efetiva utilização destes objetos em um sistema ou ambiente de ensino-aprendizagem faz parte do que chamamos de aula. No contexto desta proposta, esses objetos seriam acionados e utilizados de acordo com a necessidade e visando a interação do estudante com o sistema. Assim, de acordo com os objetivos de aprendizagem, um estudante pode interagir com diferentes objetos de aprendizagem que o ajudem a construir conhecimentos e a desenvolver competências e habilidades específicas.

Nesse contexto, o estudo de Salehi *et al.* (2014) indica que o uso de manipulativos físicos pode aumentar significativamente os ganhos de aprendizagem quando comparados a simulações em ambientes virtuais. Assim, o uso de objetos de aprendizagem que sejam, ao mesmo tempo, físicos e digitais deve não somente expandir as possibilidades de construção do conhecimento, mas, também aumentar o engajamento dos estudantes. Nas seções 2.3.2, 2.3.3 e 2.3.4, são apresentados elementos que agregam mais informação ao tipo específico de objeto de aprendizagem que dá o enfoque deste trabalho.

Padrões de Metadados de OAs

Para tornar a criação e o uso dos diversos Objetos de Aprendizagem mais fácil, muitos grupos de pesquisa e entidades tem proposto padronizações dos metadados (Vicari *et al.*, 2009). Esta busca por padronização tem como principal objetivo facilitar a pesquisa, avaliação, aquisição e o uso de tais objetos por parte dos estudantes, professores e softwares automatizados, bem como permitir o desenvolvimento de repositórios de objetos que levem em consideração os diversos contextos culturais nos quais os objetos podem ser reutilizados (LTSC, 2020).

De acordo com McClelland (2003), os dois padrões mais populares são *Dublin Core Metadata Element Set* e *IEEE Learning Object Metadata*. Assim, neste trabalho, focaremos no IEEE-LOM (*Learning Object Metadata*) por ser um padrão aberto e internacionalmente reconhecido, que segue a norma IEEE Std 1484.12.1 - 2020, sendo normalmente codificado em XML. Além disso, existe uma extensão brasileira para o padrão IEEE-LOM, disponibilizada por Vicari *et al.* (2009), cujo objetivo é apresentar um padrão para objetos de aprendizagem que seja multiplataforma (em especial, *Web*, TV Digital e dispositivos móveis), que suporte requisitos de acessibilidade e que disponibilize informações educacionais específicas do contexto brasileiro. Tal extensão é chamada de OBAA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes) e também possui um modelo básico para sintaxe e semântica dos metadados, através da especificação de uma ontologia OWL para os mesmos (Vicari *et al.*, 2009).

Desse modo, após um estudo dos padrões OBAA e IEEE-LOM, selecionamos um perfil de metadados que seja razoavelmente compatível com a proposta desta tese (disponível no Apêndice A).

2.3.2 Internet das Coisas (IoT)

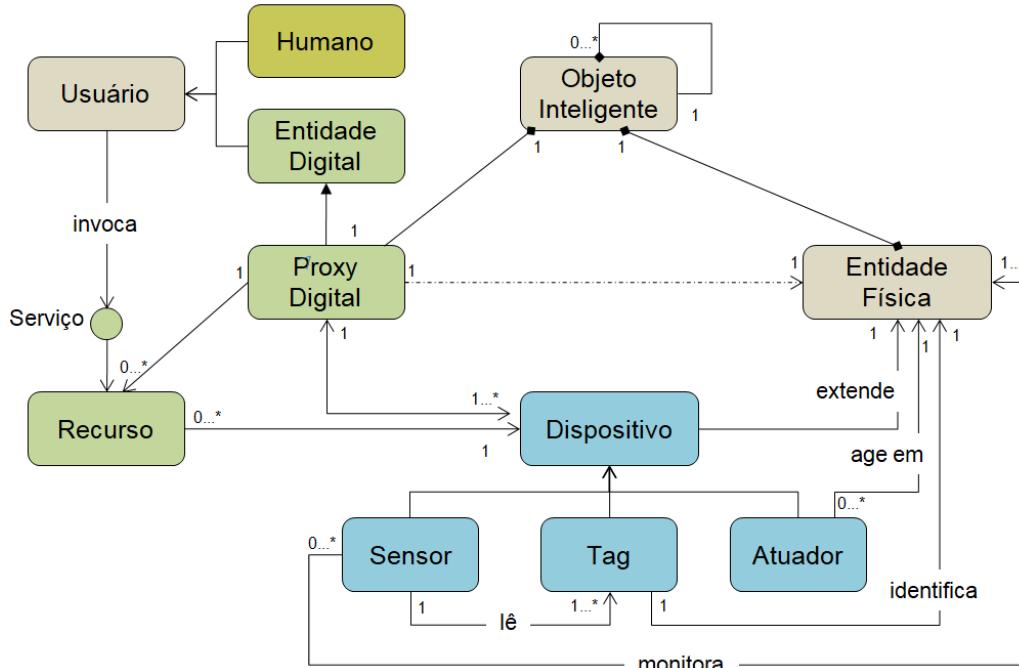
Para Vermesan *et al.* (2013), a Internet das Coisas é um conceito e um paradigma que considera uma variedade de coisas e objetos presentes em um ambiente geral, ligadas por meio de fios ou recursos sem fios e são capazes de interagir uns com os outros e cooperar com outras coisas e objetos com o objetivo de criar novas aplicações e/ou serviços e alcançar objetivos comuns.

De acordo com Chang *et al.* (2014), do ponto de vista da estrutura, cenários baseados em IoT podem ser divididos em quatro camadas:

- **Camada de Percepção:** composta por sensores (i.e.: acelerômetro, giroscópio,...), aparelhos inteligentes (i.e.: smartphones) e etiquetas (i.e.: RFID (*Radio-Frequency IDentification*), Códigos de Barra, *QR Code*), ou seja, tecnologias que permitam coleta de dados ou identificação.
- **Camada de Rede:** camada de conexão e transferência de dados. Ela é composta por tecnologias de comunicação em rede (ie: 3G, 4G, WiFi, *Bluetooth*, *ZigBee*, Infravermelho);
- **Camada de Processamento:** tem a função de coletar, tratar e analisar os dados adquiridos pelos sensores (ie: Compressão de Dados, Cache de Dados, Computação);
- **Camada de Aplicação:** camada de interface com o usuário responsável por armazenar ou minerar dados, recursos de conteúdos, aplicações de ensino, entre outros.

Além disso, Serbanati *et al.* (2011) definem o paradigma da Internet das Coisas de modo mais amplo ao afirmar que é uma visão da conexão entre o digital e o físico em um mundo “aumentado” no qual usuários (humanos ou não) cooperam para atingir seus objetivos. Assim, para concretizar este paradigma, as seguintes características deveriam estar progressivamente presentes nas infraestruturas de rede de modo a proporcionar a integração entre os mundos físico e digital: (i) identificação de objetos e detecção de presença; (ii) captura autônoma de dados; (iii) associação de identificação(ID) automática para recursos; (iv) interoperabilidade entre diferentes tecnologias de comunicação; (v) transferência de evento; (vi) interação baseada em serviço entre objetos; (vii) comunicação baseada em semântica entre objetos; (viii) cooperação entre objetos autônomos.

Assim, Serbanati *et al.* (2011) apresentam um modelo de referência para IoT (Figura 2.1) que define “Entidades Físicas” e “Entidades Digitais”, onde as entidades físicas podem ser quaisquer objetos ou ambientes (de humanos a dispositivos eletrônicos ou ambientes fechados/abertos) discretos e identificáveis que sejam de interesse do usuário e o ajudem a alcançar a sua própria meta, e as digitais são “entidades de *software* que podem ser agentes com objetivos autônomos, serviços ou entradas de dados coerentes”. Além disso, as entidades digitais podem interagir tanto entre si quanto com os usuários e, no mundo digital, podem representar entidades físicas, nesse caso, como um “*Proxy Digital*”.

Figura 2.1: Modelo de Referência para IoT. Fonte: Serbanati *et al.* (2011)

Serbanati *et al.* (2011) esclarecem que as representações digitais de Entidades Físicas podem ser de diversos tipos, dentre eles: modelos 3D, avatares, objetos (ou instâncias de uma classe em uma linguagem de programação orientada a objetos) e, até mesmo uma conta de rede social pode ser vista como tal. Entretanto, no contexto da IoT, de acordo com Serbanati *et al.* (2011), Proxies Digitais tem duas propriedades fundamentais:

- Cada *Proxy Digital* representa biunivocamente uma única **Entidade Física** e, por isso, contém apenas um ID para identificar o objeto representado. Além disso, a associação entre o *Proxy Digital* e a **Entidade Física** representada deve ser estabelecida automaticamente;
- Um *Proxy Digital* é uma **representação sincronizada de um conjunto de propriedades da Entidade Física**. Assim, os parâmetros digitais relevantes que representam as características da Entidade Física podem ser atualizados de acordo com qualquer mudança observada no estado da entidade física (i.e.: através de sensores). De modo análogo, as alterações que afetam o *Proxy Digital* podem se manifestar na Entidade Física (i.e.: através de atuadores).

A extensão de uma Entidade Física e do *Proxy Digital* associado a ela é definida por Serbanati *et al.* (2011) como “*Objeto Inteligente*”, sendo necessário que *Dispositivos* façam essa integração de modo que “quaisquer mudanças nas propriedades de um objeto inteligente devem ser representadas tanto no mundo físico quanto no digital”.

Assim, do ponto de vista funcional, tais Dispositivos podem ser de três tipos: (i) **Sensores**, que proveem informações sobre a Entidade Física que eles monitoram; (ii) **Tags** (código de barra,

QRCode, RFID,...), que podem dar suporte ao processo de identificação; e, (iii) **Atuadores**, que podem modificar o estado físico da Entidade Física.

Além dos componentes mencionados anteriormente, no Modelo de Referência para IoT apresentado na Figura 2.1, podem ser observados outros dois elementos: (a) “Recurso” e (b) “Serviço”. Onde, Recursos são componentes digitais que podem prover cinco capacidades diferentes: (1) recuperação ou modificação das propriedades físicas de uma Entidade Física associada, por meio de sensores ou atuadores; (2) modificação ou recuperação de propriedades digitais de um Proxy Digital associado; e (3) uso de serviços de hardware complexo ou de software através do objeto inteligente associado. E, por fim, Serviço é o meio pelo qual os recursos são efetivamente acessados para minimizar a dependência que as implementações tem em relação ao *hardware*.

É importante salientar que, no contexto deste trabalho, o uso de elementos de IoT diz respeito às relações e às interações que os componentes físicos e digitais precisam estabelecer e que são expressas através de modelos computacionais já estabelecidos como os apresentados nos trabalhos de Chang *et al.* (2014) e Serbanati *et al.* (2011).

2.3.3 Sistemas Ciberfísicos

O termo “sistemas ciberfísicos” foi proposto por Helen Gills para definir sistemas físicos, biológicos e de engenharia, cujas operações são integradas, monitoradas e/ou controladas por um núcleo computacional e os seus componentes estão conectados (Wade *et al.*, 2015). Esse termo está substituindo o famoso “Sistemas Embarcados”, pois, enfatiza de modo mais evidente sua interação com o mundo físico (Helps e Pack, 2013).

Segundo Chase *et al.* (2011), por estarem diretamente conectados ao ambiente físico, sistemas ciberfísicos tem como principais características: (i) confiáveis: não podem falhar; (ii) seguros: não pode causar dano ao ambiente e à vida que nele habita (iii) restrição de tempo: processamento de dados dentro de um pequeno limite temporal, pois, as notificações e tomadas de decisões, em determinadas circunstâncias, precisam ser imediatas.

Diversos trabalhos usando sistemas ciberfísicos tem surgido a partir das necessidades de melhoria nos processos de ensino-aprendizagem, ora focando no ensino de Engenharia, ora focando em aprendizagem colaborativa e ambientes adaptativos ou ainda na criação de extensões de ambientes virtuais (Santos *et al.*, 2014; Lei *et al.*, 2013; Wade *et al.*, 2015; Noor, 2011; Pester *et al.*, 2015; Peter *et al.*, 2015).

Assim, tendo enfoque na construção de um ambiente ciberfísico de aprendizagem, Santos (2014) propõe oito requisitos para a construção desses ambientes: (i) prover **comunicação e interação** entre estudantes e professores com vistas a possibilitar a aprendizagem colaborativa; (ii) possuir **ferramentas administrativas** para gerência educacional; (iii) possuir **ferramentas de avaliação** da aprendizagem; (iv) possibilitar diferentes **abordagens pedagógicas**; (v) possuir **ferramentas de autoria** que possibilitem a criação ou edição de conteúdos educacionais; (vi) possuir algum

nível de **inteligência** para o auxílio da aprendizagem; (vii) proporcionar maior **engajamento** através de experiências participativas; (viii) deve ter uma **abordagem multissensorial** que integre informações dos ambientes, tais como sons, vídeos, textos e animações 3D, entre outras.

No contexto desta teste, um sistema ciberfísico implica na inserção e utilização de objetos de aprendizagem que sejam simultaneamente físicos e digitais em um ambiente de aprendizagem tal como outros objetos tradicionais, i.e. slides, vídeos, imagens, simulações, entre outros, o que implica na necessidade de mecanismos de controle (atuadores) e de percepção (sensores). Além disso, o ambiente de aprendizagem deve possibilitar coleta de dados de interação dos alunos durante a utilização desses objetos tangíveis e deve fornecer instrumentos para posterior análise dos dados, avaliação/acompanhamento da aprendizagem e propostas de intervenção pedagógica nos processos de ensino-aprendizagem dos estudantes.

2.3.4 Interfaces Tangíveis de Usuário

Ishii e Ullmer (1997) introduziram o conceito de “Interfaces Tangíveis de Usuário” (do inglês, *Tangible User Interfaces - TUIs*) como um novo tipo de Interface Humano-Computador (IHC) que permite ao usuário interagir com um sistema computacional através de objetos e ambientes físicos do dia-a-dia, ao invés de utilizar periféricos tradicionais como mouse, teclado e monitor em conjunto com uma Interface Gráfica de Usuário - GUI (Figura 2.2).

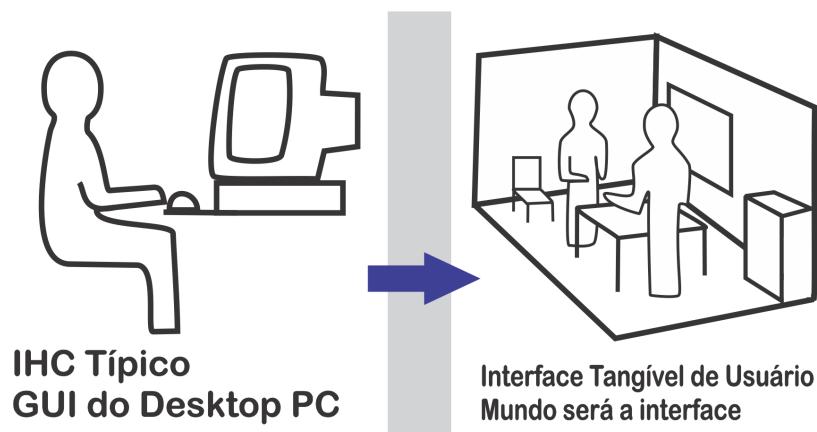


Figura 2.2: GUI e TUIs. Fonte: Ishii e Ullmer (1997)

Segundo Ullmer e Ishii (2000), interfaces tangíveis de usuário dão forma física à informação digital de modo que os objetos físicos servem como representações ou controles físicos para a mídia computacional. Assim, essas representações físicas (tangíveis) são combinadas com representações digitais (intangíveis e transitórias) resultando em sistemas fisicamente interativos, mas, mediados computacionalmente. Para um melhor entendimento, Ullmer e Ishii (2000) fornecem a seguinte heurística: quando a força/energia de uma interface tangível é desligada, as representações digitais desaparecem e as representações físicas persistem, de modo que “as interfaces tangíveis são produtos de um cuidadoso equilíbrio entre essas duas formas de representação”.

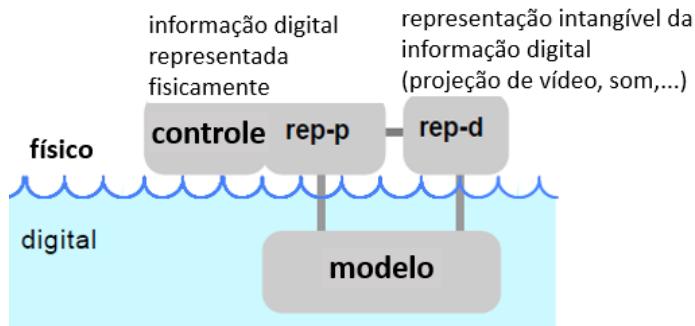


Figura 2.3: Modelo de interação de TUI - MCRpd. Fonte: Ullmer e Ishii (2000)

Assim, baseando-se no padrão que serviu de modelo tradicional para construção de interfaces gráficas de usuário (*model-view-controller*), onde a interação humana acontece basicamente através de ‘entrada’ (por meio de periféricos como mouse e teclado) e ‘saída’ (representações digitais como gráficos e texto baseados em tela), Ullmer e Ishii (2000) apresentam um modelo de interação para interfaces tangíveis que denominam de *model-control-representation (physical and digital)* (MCRpd), onde os elementos “modelo” e “controle” são mantidos e o elemento *view* foi dividido em dois subcomponentes: representações físicas (“rep-p”) e representações digitais (“rep-d”), conforme a Figura 2.3.

Segundo Ullmer e Ishii (2000) e Zhou e Wang (2015), o modelo de interação intangível destaca quatro características chave das interfaces tangíveis:

1. As representações físicas ('rep-p') são acopladas computacionalmente aos dados digitais subjacentes ('modelo')
2. As representações físicas incorporam mecanismos de controle físicos interativos ('controle'), permitindo ao usuário a manipulação de objetos.
3. As representações físicas são acopladas perceptivamente às representações digitais ('rep-d').
4. O estado físico dos objetos tangíveis incorpora parcialmente o estado digital do sistema, de modo que, o sistema é, pelo menos, parcialmente legível se a energia for cortada.

Interfaces Tangíveis na Educação

No últimos anos, diversos trabalhos tem apresentado interfaces tangíveis aplicadas ao ensino-aprendizagem, assim foram propostos principalmente trabalhos envolvendo mesas tangíveis (Mendoza e Baranauskas, 2019; Ishii e Ullmer, 1997), blocos para programação tangível (Panaggio *et al.*, 2019; Carbajal e Baranauskas, 2018; Leite e Branco, 2017; Viana e Raabe, 2018), realidade aumentada (Imamura e Baranauskas, 2018), realidade virtual (Gluz *et al.*, 2018; Lopes *et al.*, 2018), aprendizado de habilidades espaciais (Ha e Fang, 2018), disciplinas STEM (Azad e Hashemian, 2016) ou do currículo comum (Blikstein *et al.*, 2012, 2016) e ferramentas de apoio a estudantes com dificuldade de comunicação (Moreira *et al.*, 2018; Moreira e Baranauskas, 2018)

Além disso, Zuckerman *et al.* (2005) apontam que objetos tangíveis podem ser úteis para ensinar conceitos abstratos e apresenta três vantagens para seu uso: (i) engajamento sensorial (toque, visão e audição), (ii) acessibilidade e (iii) aprendizagem em grupo. Marshall (2007) ao questionar sobre se objetos tangíveis melhoraram o aprendizado sugere que entre os possíveis benefícios estão: (i) se percepção e cognição estão interligados, então, o uso de materiais tangíveis no contexto de aprendizagem pode ser mais eficiente do que o simples uso de representação visual; (ii) a ligação entre a ação física (manipulação) e seus efeitos digitais pode levar a um maior engajamento e reflexão por parte dos estudantes; (iii) interfaces tangíveis podem ser particularmente adequadas para aprendizagem colaborativa, uma vez que podem ser projetadas para proporcionar um espaço compartilhado de atividades colaborativas.

No contexto desta tese, interfaces tangíveis de usuário são objetos de aprendizagem com as características apresentadas por Ullmer e Ishii (2000) e Zhou e Wang (2015) no que diz respeito a interação/acoplamento das representações físicas e digitais e que, nesta proposta, tem sua estrutura e funcionamento formais definidos como um objeto inteligente conforme previsto no modelo de referência para IoT proposto por Serbanati *et al.* (2011), isto é, contendo entidades físicas e digitais interligadas, além de dispositivos, recursos e serviços.

2.3.5 Ferramentas de Autoria de OAs

A inserção e o uso de objetos de aprendizagem supõe, num momento anterior, a criação de tais objetos. Para isso, são utilizadas ferramentas de autoria, que permitem ao autor de um objeto, mesmo sem profundos conhecimentos de informática, criar materiais educacionais através de manipulação, desenvolvimento e uso de objetos de aprendizagem (OA) (Flôres *et al.*, 2011).

Desse modo, na literatura, podem ser encontradas diversas abordagens e metodologias que propõem tanto novas ferramentas para criação de objetos de aprendizagem (Orlandi e Isotani, 2012; Flôres *et al.*, 2011) quanto o uso de *softwares* consolidados no mercado e, por isso, de fácil acesso (Passos *et al.*, 2010). Além disso, para melhor contribuir com a qualidade da aprendizagem, uma ferramenta de autoria precisa ser adequada a criar OAs contextualizados, por isso, baseando-se em Kolb (2014), Gagné (2013) e Wiley (2000), Flôres *et al.* (2011) define um conjunto de funcionalidades que precisam estar presentes em uma ferramenta de autoria para a construção de OAs contextualizados (Tabela 2.1).

Neste trabalho, propomos a modificação do módulo “Compositor”, que é a ferramenta de autoria de OAs apresentada na pesquisa de mestrado de Leitão (2017) e está integrada a plataforma de educação digital do Grupo de Interesse em Sistemas Embarcados. Tal modificação deverá permitir a criação e a inserção de objetos tangíveis de aprendizagem, isto é, que utilizem ao mesmo tempo manipulativos físicos e digitais no contexto educacional.

Tabela 2.1: Funcionalidades dos OAs em uma ferramenta de autoria

FUNCIONALIDADE	DESCRIÇÃO
Applet Java	Permite o uso de aplicativos desenvolvidos em Java como simulações, jogos, animações, vídeos, modelos 3D
Apresentação de Slides	Permite inserir apresentações de slides no OA
Leituras	Permite disponibilizar textos que servirão como embasamento e orientação sobre o assunto do OA.
Estudo de Caso	Permite simular determinada situação problema, com possíveis cenários, atores e fatos
Atividades com Texto Livre	Permite incluir textos livres com informações gerais, instruções, exemplos, curiosidades, leituras, sobre o assunto do OA.
Feeds (ou feed RSS)	Permite seleção de <i>sites</i> que tratam de assuntos ligados ao OA.
Site da Web	Permite colocar links para sites relacionados com o tema do OA.
Galeria de Imagens	Permite colocar várias imagens para ilustrar o conteúdo.
Ampliação de Imagens	Permite ampliar uma imagem para investigar suas características.
Objetivo	Permite descrever o resultado de aprendizagem esperado quando os alunos tiverem concluído a atividade.
Pré-requisitos	Permite descrever os conhecimentos prévios necessários para que os alunos possam completar efetivamente sua aprendizagem.
Questionário	Permite criar questões que visam melhorar o desempenho do aluno. O professor poderá elencar dicas e <i>feedback</i> para cada uma das questões.
Questões Múltipla Escolha	Permite criar questões objetivas com apenas uma resposta correta.
Questão de Seleção Múltipla	Permite criar questões de múltipla escolha com duas ou mais respostas corretas.
Questão Verdadeiro-Falso	Permite criar questões que apresentem uma declaração a ser analisada, para que o aluno determine se ela é verdadeira ou não.
Exercícios Cloze	Permite criar questões em forma de texto ou frases em que o aluno deve preencher as lacunas com as palavras que faltam.
Reflexão	Permite criar questões que dão oportunidade aos alunos de observar e refletir sobre suas observações.
Completar	Permite criar questões para serem completas com palavras: arrastando os textos, ou selecionando, ou escrevendo.

2.3.6 Avaliação da Aprendizagem

Embora, os exames escolares da forma como os conhecemos hoje foram sistematizados a cerca de 500 anos, de acordo com Luckesi (2014), a expressão ‘avaliação da aprendizagem’ começou a ser utilizada em 1930 por Ralph Tyler para falar do cuidado que os educadores precisam ter com a aprendizagem dos seus educandos em um contexto histórico que de 100 crianças, somente 30 eram aprovadas anualmente.

Assim, segundo Luckesi (2014), Tyler propôs um sistema de ‘ensino por objetivos’ o que implicou em estabelecer com precisão o que os estudantes deveriam aprender e o que o professor deveria fazer para que isso acontecesse. Tal sistema era composto de 4 passos básicos com coisas que o professor deveria executar (Luckesi, 2014): (i) ensinar alguma coisa; (ii) diagnosticar sua consecução; (iii) caso a aprendizagem fosse satisfatória, seguir em frente; (iv) caso não fosse satisfatória, reorientar tendo em vista o objetivo que é obter um resultado satisfatório. Embora antigo, simples e até óbvio, Luckesi (2014) afirma que essa proposta nunca foi efetivamente abraçada pelos meios educacionais.

Além disso, Luckesi (2002) faz uma diferenciação entre ‘exame’ e ‘avaliação’ escolar onde afirma ser um equívoco tratar as duas coisas como sinônimos. Assim, avaliar seria o ‘ato de diagnosticar uma experiência’ com o intuito de reorientá-la para produzir o melhor resultado possível, não sendo classificatória, nem seletiva, mas, diagnóstica e inclusiva. Enquanto isso, para ele, examinar por ser classificatório e seletivo, é também excludente e tem seu centro no julgamento de ‘aprovado’ ou ‘reprovado’.

Embora seja um diagnóstico passível de ser registrado como uma nota, um valor quantitativo, a avaliação é mais no sentido de atribuir uma qualidade a algo, logo, ela é essencialmente qualitativa (Luckesi, 2002). Desse modo, alguém que acerta 03 questões de um total de 10 em um exame, significa apenas uma quantidade, isto é, a pessoa acertou 30% das questões. Entretanto, a avaliação acontece ao atribuir uma qualidade a esse fato, tal qualidade pode ser positiva ou negativa. Assim, a qualidade é atribuída a partir de uma quantidade, sobre o que Luckesi (2002) chama de ‘contagem de frequências’.

Por conseguinte, a avaliação da aprendizagem deve ser encarada mais como um instrumento para melhoria nos processos de ensino e de tomada de decisão dos caminhos e trilhas a seguir do que uma simples como uma instância de verificação ou aferição Luckesi (2014). Assim, o ato de avaliar a aprendizagem deve ser visto mais como um processo que ajuda a direcionar o aprendizado e o desenvolvimento dos estudantes do que um ato de verificação com o objetivo de aprovar ou reprovar permeado de opressão e medo.

Com relação a avaliação do desempenho dos alunos ao longo dos processos de ensino-aprendizagem são encontradas abordagens que simplesmente inserem cálculos tradicionais de pontuação (Orlandi e Isotani, 2012), mas, há ainda propostas de ferramentas que utilizam dados provenientes da interação com o material didático ou da participação do aluno em atividades

virtuais como fóruns, bate-papos, etc (Lucena *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2016; Malvezzi *et al.*, 2010). Tais trabalhos serão melhor analisados e descritos na Seção 3.3.

Adicionalmente, uma vez que os objetos físicos-digitais podem ser utilizados para coletar dados de interação dos alunos com o material pedagógico, a Seção 4.4 deste trabalho propõe algumas métricas que visam fornecer mais elementos que auxiliem no processo de avaliação da aprendizagem dos estudantes.

2.4 Resumo

Este capítulo descreveu os principais conceitos para o entendimento deste trabalho. Assim, na Seção 2.1 foram introduzidos conceitos e discussões sobre educação e fracasso escolar, além da necessidade de modificações das práticas pedagógicas visando maior êxito dos atores envolvidos nesse processo.

Na Seção 2.2 foram brevemente apresentadas as teorias de John Dewey, Paulo Freire, Jean Piaget e Lev Vygotsky que serviram de base para o desenvolvimento da abordagem proposta nesta tese.

Na Seção 2.3 foram apresentados conceitos relacionados à inserção da computação na Educação, assim, foram abordados temas como Objetos de Aprendizagem, Internet das Coisas, Sistemas Ciberfísicos, Interfaces Tangíveis de Usuário, Ferramentas de Autoria e de Avaliação da Aprendizagem.

Capítulo 3

Trabalhos Correlatos

Este capítulo apresenta e discute os principais trabalhos existentes na literatura e que se relacionam com esta Tese. Por essa razão, as pesquisas abordadas a seguir são propostas de utilização de sistemas ciberfísicos no contexto educacional (Seção 3.1). Além disso, a integração desses sistemas ao processo educacional como um todo, isto é, ao planejamento, execução e avaliação do ensino-aprendizagem implica não apenas na construção de objetos de aprendizagem que sejam tangíveis (físico-digitais), mas, ainda, na necessidade de ferramentas de autoria e utilização desses objetos (Seção 3.2), além de ferramentas de avaliação da aprendizagem dos estudantes em aulas apoiadas por tecnologia (Seção 3.3).

3.1 Sistemas Ciberfísicos na Educação

O uso de manipulativos no contexto educacional tem sido objeto de diversas pesquisas nos últimos anos, onde alguns estudos investigam o uso de manipulativos físicos e virtuais em separado com a finalidade de realizar comparações (Zacharia e Olympiou, 2011; Salehi *et al.*, 2014), outros trabalhos mais recentes utilizam manipulativos tangíveis (físico-digitais) (Ha e Fang, 2018; Azad e Hashemian, 2016) ou utilizam físicos e virtuais concomitantemente (Blikstein *et al.*, 2012, 2016). De modo geral, o que se tem notado é que a associação entre o físico e o virtual tende a ajudar mais os processos de aprendizagem dos estudantes do que a utilização exclusiva de apenas um tipo de manipulativo.

Antes de prosseguirmos, é importante salientar que, neste texto, o termo Manipulativo Virtual (MV) refere-se “a visualizações dinâmicas virtuais interativas de aparelhos e materiais, fornecidas por meio de uma simulação computacional (laboratório virtual)”, conforme apresentado por Zacharia e Olympiou (2011), de modo que a experiência de aprendizagem acontece através da interação/manipulação de um material totalmente virtual que simula o mundo físico. Além disso, Manipulativo Físico (MF) é um objeto de aprendizagem de interação manual sem qualquer nível de conectividade computacional e Manipulativo Tangível (ou físico-digital) corresponde aos objetos apresentados na seção 2.3.4.

3.1.1 Manipulativos Físicos *versus* Manipulativos Virtuais

Aprendizado de Física

Zacharia e Olympiou (2011) realizaram experimentos para comparar se a utilização de manipulativos físicos (MF) e virtuais (MV) tem algum diferencial no aprendizado de Física no Ensino Superior. Os experimentos são realizados em quatro cenários: (i) apenas MF; (ii) apenas MV; (iii) MF precedendo MV e; (iv) MV precedendo MF. Além disso, os efeitos da manipulação física ou virtual na compreensão dos estudantes acerca dos conceitos de calor e temperatura foram examinados e comparados a educação tradicional (modo passivo de instrução).

Para a condução dos experimentos, foi utilizado um laboratório real de física para o experimento com MF e o *software* “Virtual Lab ThermoLab” (Figura 3.1) para o experimento com MV. Participaram do estudo 234 universitários inscritos em um curso introdutório de física, sendo 55 do sexo masculino e 168 do sexo feminino e tendo uma média de idade de 18.5 anos. Estes estudantes foram divididos em grupos menores de acordo com os cenários já mencionados.

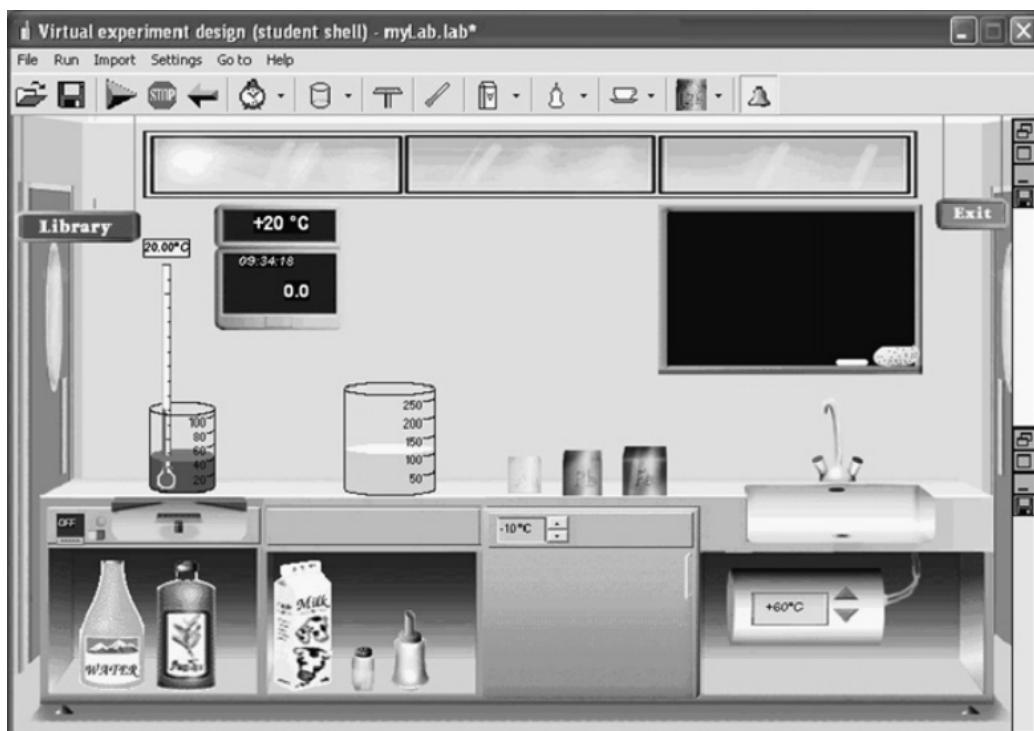


Figura 3.1: ThermoLab. Fonte: Zacharia e Olympiou (2011)

Foram realizadas quatro sessões experimentais com pré e pós-testes, onde cada teste continha 4 questões abertas e, um teste final com 8 questões abertas. Além disso, segundo os autores, não haviam itens idênticos entre o teste final e o resto dos testes e, para pontuação, foram consideradas se as respostas e as explicações das mesmas estavam certas ou erradas, onde uma resposta correta valia um ponto, e cada explicação correta valia meio ponto (uma questão poderia ter mais de uma explicação).

Com relação aos resultados, o estudo concluiu que, de modo geral, o uso de manipulativos pode contribuir tanto ou mais do que o ensino tradicional para o entendimento dos conceitos de calor e temperatura. Além disso, embora não tenham sido encontrados indícios de que o uso de manipulativos físicos é pré-requisito para o aprendizado de física, os achados corroboram que a manipulação é importante, seja ela física ou virtual. Outra descoberta diz respeito a combinação entre MF e MV, onde não foram encontradas diferenças entre iniciar com uma abordagem e prosseguir com outra ou trabalhar inteiramente com apenas uma delas.

Por fim, embora o trabalho de Zacharia e Olympiou (2011) tenha proposto a comparação entre o uso de objetos de aprendizagem físicos e virtuais, em nenhum dos casos há coleta de dados de interação dos estudantes com o material didático. Além disso, a experimentação envolvendo objetos físicos e virtuais mantém os dois tipos em separado, isto é, apenas físico e apenas virtual, adicionando apenas a opção metodológica de um ou outro e o seu uso consecutivo. Entretanto, um ganho importante é a evidência de que o uso de manipulativos físicos ou virtuais melhora a aprendizagem dos estudantes.

Aprendizado de Eletrônica

Salehi *et al.* (2014) apresentam um estudo de menor porte, mas similar ao estudo de Zacharia e Olympiou (2011), que avalia os efeitos do uso de manipulativos físicos e virtuais no aprendizado de conceitos básicos de eletrônica, mais precisamente de circuitos elétricos em série e paralelo, de acordo com as imagens apresentadas na Figura 3.2.

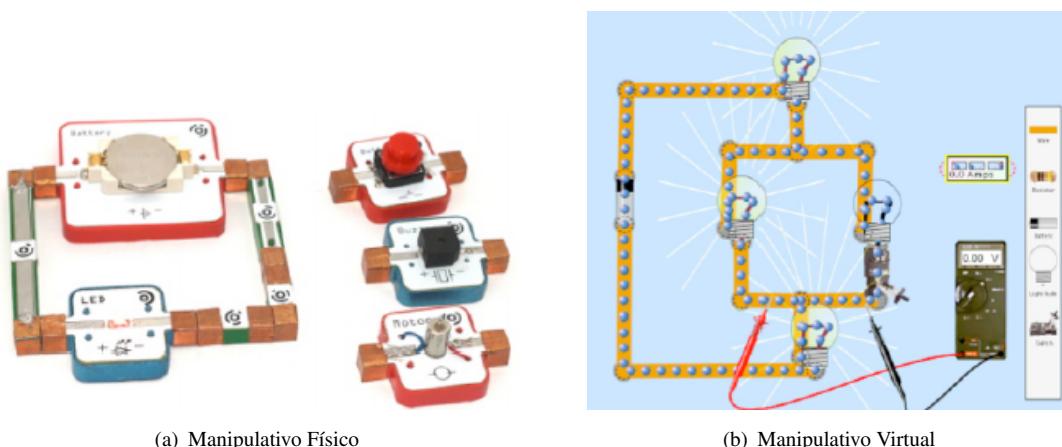


Figura 3.2: Manipulativos usados por Salehi *et al.* (2014)

O estudo foi feito com 32 estudantes universitários divididos em 16 pares, onde cada par trabalhou tanto com MF quanto com MV tendo que completar duas tarefas. Além disso, o experimento foi dividido em quatro blocos de acordo com a Tabela 3.1 e, em cada tarefa, os estudantes foram requisitados a mudar três vezes o valor de um dos resistores (R_1) e realizar medições de corrente e tensão dos diferentes componentes do circuito. Com esses dados, eles tiveram que elaborar teorias sobre a relação entre voltagem, corrente e resistência no circuito.

Com relação a avaliação, Salehi *et al.* (2014) não detalham como foi calculada a pontuação ou o tipo de teste aplicado (questões abertas ou fechadas), mas afirma que para cada grupo foram executados

Tabela 3.1: *Design experimental usado no estudo. Adaptado de Salehi et al. (2014)*

Grupos	Tarefa 1	Tarefa 2
Bloco 1	MV - Circuito em Série 8 participantes (4 pares)	MF - Circuito em Paralelo 8 participantes (4 pares)
Bloco 2	MV - Circuito em Paralelo 8 participantes (4 pares)	MF - Circuito em Série 8 participantes (4 pares)
Bloco 3	MF - Circuito em Série 8 participantes (4 pares)	MF - Circuito em Paralelo 8 participantes (4 pares)
Bloco 4	MF - Circuito em Paralelo 8 participantes (4 pares)	MV - Circuito em Série 8 participantes (4 pares)

três testes conceituais (pré, meio e pós-teste), tendo sido calculadas as pontuações nos três testes, sendo que as pontuações dos testes do meio e pós-teste foram normalizadas a partir do pré-teste, sendo “5” a pontuação máxima para todos os três testes.

De modo geral, o estudo sugere que o uso de manipulativos físicos pode afetar positivamente o aprendizado e que a sequência das tarefas também pode afetar a nota final do estudante, onde os dados indicam que, para um maior ganho educacional, os manipulativos físicos deveriam ser utilizados antes dos manipulativos virtuais. Apesar disso, o artigo ainda afirma que a diferença entre iniciar com MF e prosseguir com MV ou o inverso não era estatisticamente significante, o que leva a entender que é possível inferir o mesmo que Zacharia e Olympiou (2011), isto é, a ordem metodológica no uso de MF e MV não impacta substancialmente no aprendizado.

Tabela 3.2: Resumo - MF vs MV

Autor(es)	MF	MV	MT	AE	Coleta dados	AA	Integração com AVA	Modelo Genérico
Zacharia e Olympiou (2011)	X	X		X				
Salehi et al. (2014)	X	X		X				

Assim como no trabalho de Zacharia e Olympiou (2011), Salehi et al. (2014) não coletam dados de interação dos alunos para Avaliação da Aprendizagem (AA) ou apresentam modos de calcular a aprendizagem. Além disso, embora ambos os trabalhos façam uma Avaliação Experimental (AE) e demostrem indícios de que o uso alternado de MF e MV melhorem a aprendizagem, não utilizam de manipulativos tangíveis (OT), o manipulativos utilizados não estão integrados a qualquer plataforma de aprendizagem e não apresentam um modelo genérico para a criação ou integração destes manipulativos, conforme apresentado na Tabela 3.2.

3.1.2 Manipulativos Tangíveis (Físico-Digitais)

Melhorias nas habilidades espaciais

Ha e Fang (2018) propõem, implementam e avaliam o que chamam de “Manipulativos Físico e Virtual (*MFV*)” (do inglês, *Virtual and Physical Manipulatives - VPM*), onde inserem um microcontrolador e sensores como acelerômetro, giroscópio e magnetômetro em manipulativos físicos com o objetivo de identificar as informações de orientação nos eixos x,y e z para rastrear os movimentos feitos pelos estudantes (Figura 3.3). Além disso, cada manipulativo físico possui um correspondente “virtual” (Figura 3.4) que é renderizado e movimentado de acordo com a manipulação física que o estudante executa, que o encaixa no conceito apresentado de objeto tangível.

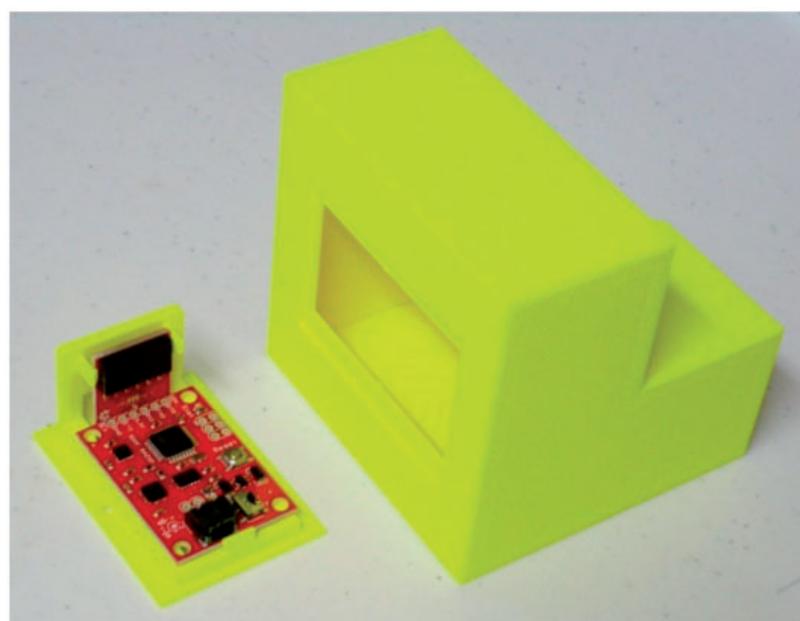


Figura 3.3: Manipulativo Físico com placa e sensores. Fonte: Ha e Fang (2018)

Com o objetivo de treinar as habilidades espaciais na aula de matemática de estudantes da oitava série, especialmente no que diz respeito às habilidades de rotação mental de objetos, isto é, à capacidade de imaginar um objeto sendo rotacionado, Ha e Fang (2018) projetaram dez tipos de *MFV* com diferentes características geométricas de acordo com as especificações da Tabela 3.3.

Vale notar que os manipulativos físicos foram construídos através de impressoras 3D e os manipulativos virtuais foram projetados através do *software* proprietário AutoCAD Inventor. Além disso, para avaliar os estudantes, foram realizados pré e pós-testes baseados no Teste de Visualização Espacial de Purdue (PSVT:R), que consiste em 30 questões de múltipla-escolha que ilustram um conjunto de figuras simétricas e não simétricas de objetos 3D em um formato isométrico 2D (Ha e Fang, 2018).

Ao todo, sessenta e três alunos participaram das duas seções de experimento, entretanto, apenas os dados dos alunos que responderam as 30 questões foram utilizados, o que resultou em 44 alunos

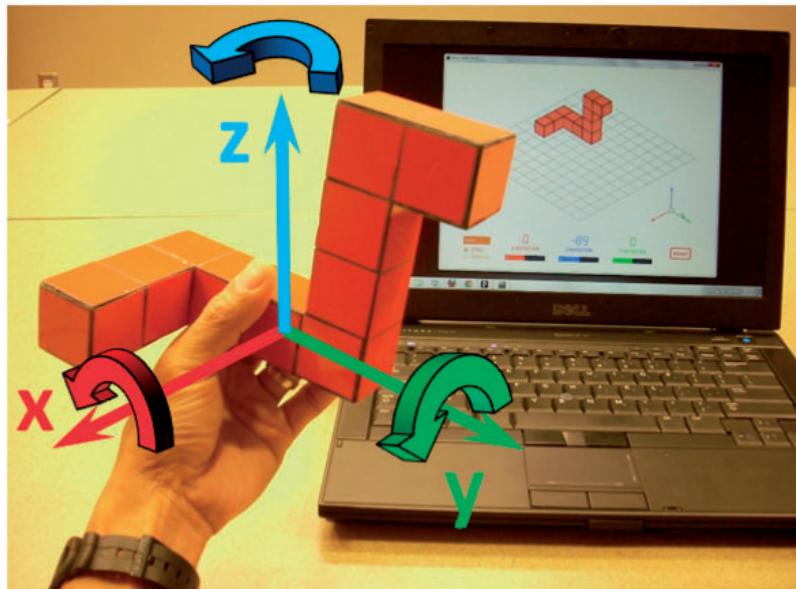


Figura 3.4: Manipulativo Físico e seu correspondente Virtual. Fonte: Ha e Fang (2018)

Tabela 3.3: Características Geométricas dos *MFV* desenvolvidos por Ha e Fang (2018)

N.º	Características Geométricas				
	Ângulo Reto	Superfícies Cilíndricas	Uma superfície inclinada	Múltiplas superfícies inclinadas	Múltiplas Seções
1	X		X		
2	X			X	
3	X			X	
4	X	X	X		
5	X		X		
6	X		X		X
7		X			X
8	X		X		
9	X				X
10	X				X

no pré-teste e 31 no pós-teste. A partir dos resultados de pré e pós-testes, foram calculados a pontuação de ganho e os ganhos de aprendizagem normalizados (*GAN*). As pontuações de ganho foram calculadas pela média da pontuação do pós-teste (*ps*) subtraída pela média do pré-teste (*pr*), enquanto o *GAN* foi calculado de acordo com a Equação 3.1, proposta por Hake (1998). Além disso, foram aplicados dois questionários, um de usabilidade com 21 itens baseados na Escala Likert e outro com uma questão Likert e outra aberta em que foi pedido que indicassem e justificassem a preferência por manipulativos (MF, MV ou ambos os tipos).

$$GAN = \frac{\%ps - \%pr}{100 - \%pr} \quad (3.1)$$

De acordo com Ha e Fang (2018), o uso de *MFV* aumentou a pontuação média de todos os

estudantes, onde a média no pré-teste foi 13,27 (com desvio-padrão de 5,82) e a média no pós-teste foi 16,84 (com desvio-padrão de 7,58), com pontuação de ganho igual a 3,57 e ganho de aprendizagem normalizado igual a 21,3%. O alto desvio padrão indica que as características de rotação mental é muito variável entre os estudantes analisados. Além disso, a análise estatística mostrou que a diferença entre os resultados do pré e do pós-teste é estatisticamente significativa. O mesmo aconteceu quando foram avaliados apenas os 21 estudantes que concluíram os dois testes.

Após apresentar estudos que indicam que pessoas do gênero masculino tendem a ter resultados melhores no que diz respeito a habilidades espaciais do que pessoas do gênero feminino, os dados do experimento mostram que o uso de MFV reduziu a diferença entre os gêneros de 21,5% no pré-teste para 5,5% no pós-teste.

Os resultados dos questionários de opinião mostram que 71,8% dos estudantes consideram útil os MFV, 62,6% consideram fácil de usar e, 81,3% ficaram satisfeitos com o uso de MFV. Além do mais, a maioria dos estudantes (71,9%) afirma preferir usar MFV do que o físico ou o virtual sozinhos porque os dois tipos de manipulativos compensam um ao outro além de alimentarem dois canais de aprendizagem (visual e tátil).

Embora, Ha e Fang (2018) utilizem a expressão “manipulativos físico e virtual”, é preciso salientar que o uso e a descrição correspondem ao que se propõe ser um manipulativo do tipo físico-digital e, portanto, objetos tangíveis de aprendizagem. Além disso, é importante notar que além de apresentar o uso de manipulativos tangíveis como uma ferramenta muito promissora para melhorar as habilidades espaciais dos estudantes, o objeto usado por Ha e Fang (2018) apresentam evidências de que pode contribuir para a redução das desigualdades entre gêneros.

Por fim, Ha e Fang (2018) não oferecem elementos que garantam que o uso de manipulativos tangíveis melhorem a aprendizagem de maneira geral, não integram estes manipuláveis a uma plataforma com mecanismos de avaliação automática e/ou extraem dados de interação para análise de aprendizagem. Além disso, embora utilize questionários de múltipla-escolha, não fica claro como a pontuação dos alunos é calculada, o que permite supor que é utilizada a “Pontuação Tradicional” (Seção 4.4.1.1), isto é, levando em consideração unicamente se a resposta escolhida pelo aluno está certa ou errada.

Disciplinas STEM

Azad e Hashemian (2016) contextualizam seu trabalho em STEM, sigla em inglês que designa as seguintes áreas do conhecimento: Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, e em Internet das Coisas (IoT) apontando a importância do uso de sistemas ciberfísicos em uma abordagem educacional que seja interdisciplinar.

Após uma introdução acerca da estrutura de sistemas ciberfísicos, Azad e Hashemian (2016) apresentam três casos de estudo: (i) Casa Inteligente, com uso de Arduíno e sensores de luz e temperatura para controle automático de portas e de um equipamento de ventilação para ajuste da temperatura interna da casa, além de monitoramento remoto pelo usuário; (ii) *Roomba Create* (RoCr), desenvolvido pela empresa *iRobot*, que permite programar o comportamento do robô e

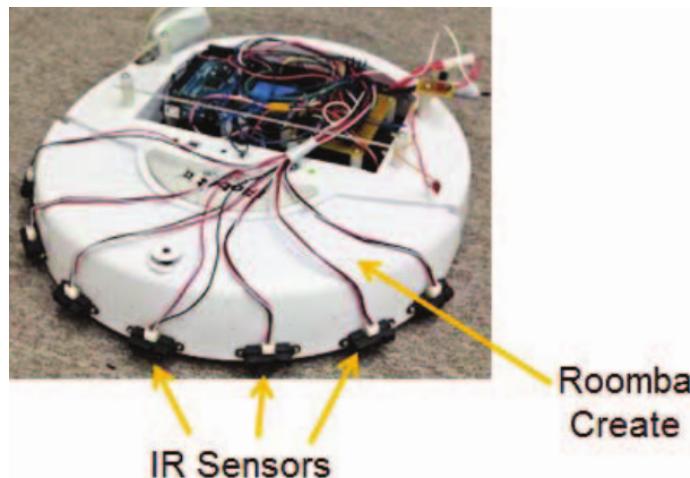


Figura 3.5: RoCr com Arduíno e sensores infravermelho integrados.

Fonte: Azad e Hashemian (2016)

que foi modificado para ser controlado remotamente pelo usuário ou funcionar de modo automático, tendo sido adicionados sensores de infravermelho e um Arduíno Mega (Figura 3.5); e, (iii) sistemas embarcados de programação remota, que consiste em uma placa Arduíno com *display LCD*, LEDs, motor de passos e um *display 7 segmentos* com acesso remoto, conforme mostrado na Figura 3.6.



(a) Imagem da parte física

(b) Imagem da GUI

Figura 3.6: Sistemas Embarcados de Programação Remota.

Fonte: Azad e Hashemian (2016)

Com exceção do último caso, que utiliza Python no desenvolvimento, as propostas de Azad e Hashemian (2016) utilizam a plataforma LabVIEW para implementação dos sistemas. Além disso, embora o trabalho seja contextualizado em STEM, os casos de uso apresentados não estão necessariamente aplicados no contexto educacional, além de não apontar elementos de coleta de dados, de integração a qualquer plataforma educacional ou de avaliação da aprendizagem.

3.1.3 Modelagem Bifocal

Blikstein *et al.* (2012) e Blikstein *et al.* (2016) apresentam estudos que utilizam um *framework* chamado Modelagem Bifocal (MB), onde manipulativos físicos e virtuais são justapostos. Segundo Blikstein *et al.* (2012), no modelo bifocal, os estudantes constroem tanto um modelo físico, com sensores de um dado fenômeno científico, quanto um modelo virtual do mesmo fenômeno, conectando ambos em tempo real através de uma interface especial de *hardware*, com o objetivo de compará-los.

De acordo com Blikstein *et al.* (2012), a construção de um modelo bifocal implica que três tarefas principais sejam executadas pelos estudantes: (i) projetar um modelo físico para estudar o fenômeno científico usando sensores eletrônicos e a placa de baixo custo Gogo (Sipitakiat *et al.*, 2003); (ii) projetar um modelo virtual de computador do mesmo fenômeno usando um *software* de modelagem, onde, normalmente, é usado o NetLogo, que é um ambiente de código-aberto e gratuito para modelagem baseada em agentes); e, (iii) conectar e executar ambos os modelos para compará-los e depurá-los.

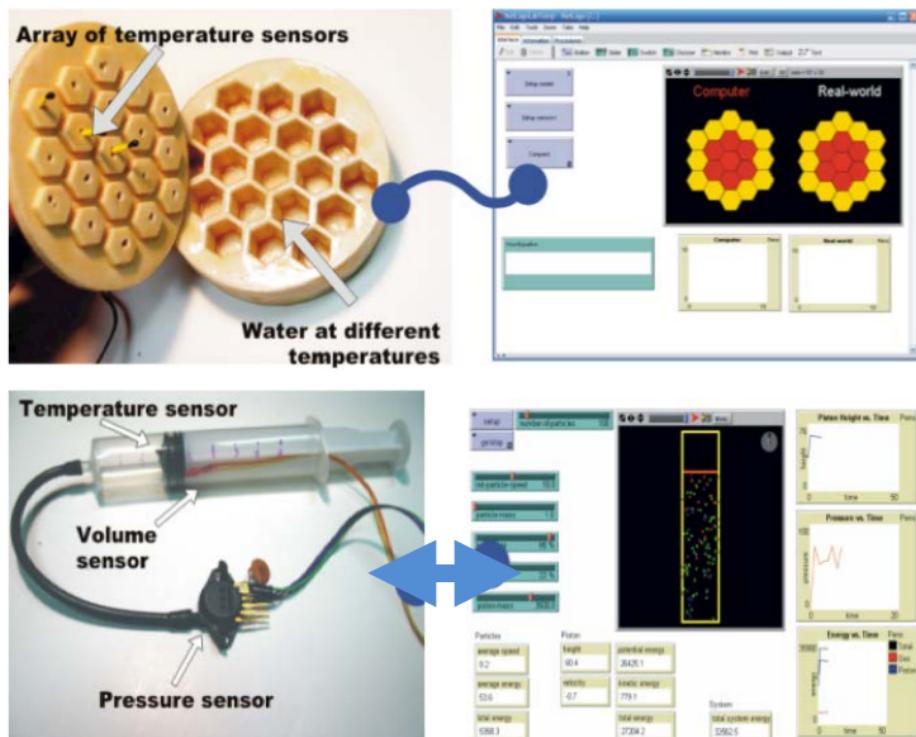


Figura 3.7: Exemplos de Modelos Bifocais: transferência de calor e leis dos gases.

Fonte: Blikstein *et al.* (2012)

Desse modo, Blikstein *et al.* (2012) apresentam um prova de conceito com quatro estudos-piloto aplicando a MB na aprendizagem de fenômenos científicos em biologia, química e física em estudantes de ensino médio nos Estados Unidos. Os estudos consistiram em investigar e analisar padrão de crescimento de bactérias, leis de Newton a partir do tempo de uma bola descendo uma rampa, relação entre volume e pressão em um sistema fechado e difusão líquida. A Figura 3.7

apresenta dois exemplos de modelos bifocais propostos em Blikstein *et al.* (2012), onde a esquerda podemos observar os manipulativos físicos e a direita os virtuais.

Além disso, Blikstein *et al.* (2012) dividiram as modelagens física e virtual em sequências de atividades menores que consistiram em: (i) pesquisa inicial para busca de fundamentos; (ii) projeto dos modelos com seleção de variáveis a serem observadas e construção de hipóteses a serem testadas; (iii) construção dos modelos físicos e virtuais para estudo do fenômeno; e, (iv) interação dos estudantes com os próprios modelos para observação, coleta de dados ou mudança de parâmetros.

Com relação aos resultados, Blikstein *et al.* (2012) apenas foca em como os estudantes resolveram as diferenças entre os modelos reais e virtuais, não apresentando estratégias de avaliação da aprendizagem ou se a abordagem de modelagem bifocal fez alguma diferença na aprendizagem das disciplinas propostas no estudo. Além disso, outra característica tanto de Blikstein *et al.* (2012) quanto de Blikstein *et al.* (2016) é a metodologia baseada no trabalho de Papert *et al.* (1980) e Papert (1994).

Tabela 3.4: Resumo - Manipulativos Tangíveis

Autor(es)	MF	MV	MT	AE	Coleta dados	AA	Integração com AVA	Modelo Genérico
Ha Fang (2018)			X	X				
Azad e Hashemian (2016)			X					
Blikstein et al. (2012) e (2016)	X	X	X		X			

Por fim, a Tabela 3.4 apresenta um resumo do apresentado nesta seção, de modo que é possível notar que, embora os trabalhos abordem a construção e o uso de manipulativos tangíveis, nenhum apresenta elementos para Avaliação da Aprendizagem (AA), Integração com Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) ou um modelo genérico para construção de objetos tangíveis compatíveis com alguma plataforma. Além disso, apenas uma abordagem proporciona coleta de dados, sendo que tal coleta não está relacionada a avaliação ou acompanhamento da aprendizagem através de dados provenientes da interação com os objetos de aprendizagem.

3.1.4 Sistemas Físico-Virtuais de Aprendizagem no Brasil

Nossa busca nas bases de dados da “Comissão Especial de Informática na Educação” (CEIE) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), que é a principal base brasileira de publicações na área de informática na educação, retornou apenas duas publicações evidentemente relacionadas à construção de ambientes baseados a sistemas ciberfísicos no contexto educacional no Brasil e que utilizam o termo “físico-virtual” ao invés de “tangível”. Em contrapartida, uma grande quantidade de trabalhos recentes alinha-se ao desenvolvimento de ambientes tangíveis de aprendizagem.

Plataforma Toogle

Santos *et al.* (2014) apresentam uma proposta embrionária de um ambiente físico-virtual de aprendizagem e uma plataforma para implementação de sistemas físico-virtuais, cuja arquitetura (Figura 3.8) contém quatro módulos: (i) **Middleware e Componentes**: proporciona comunicação entre as entidades físicas e virtuais do ambiente, sendo composto pelo *framework ROS (Robot Operating System)* que, por meio de ferramentas e bibliotecas próprias, fornece uma abstração de *hardware, drivers* para diversos dispositivos e um sistema de troca de mensagens; (ii) **Toogle Editor**: módulo que utiliza a ferramenta *Blender* para adicionar, remover e editar componentes físico-virtuais, além dos objetivos do ambiente; (iii) **Inteligência de Ambiente**: fornece um conjunto ordenado de recursos para conduzir o ambiente ao alcance dos objetivos estabelecidos; e, (iv) **Toogle Navegador**: possibilita a interação dos usuários com o ambiente, provendo por exemplo, informações sonoras, estereoscópicas, táteis, dentre outras, além de um *plugin* para Web. Além disso, o trabalho publicado por Santos *et al.* (2014) é derivado da tese de doutorado do mesmo autor principal, isto é Santos (2014), igualmente defendida em 2014.

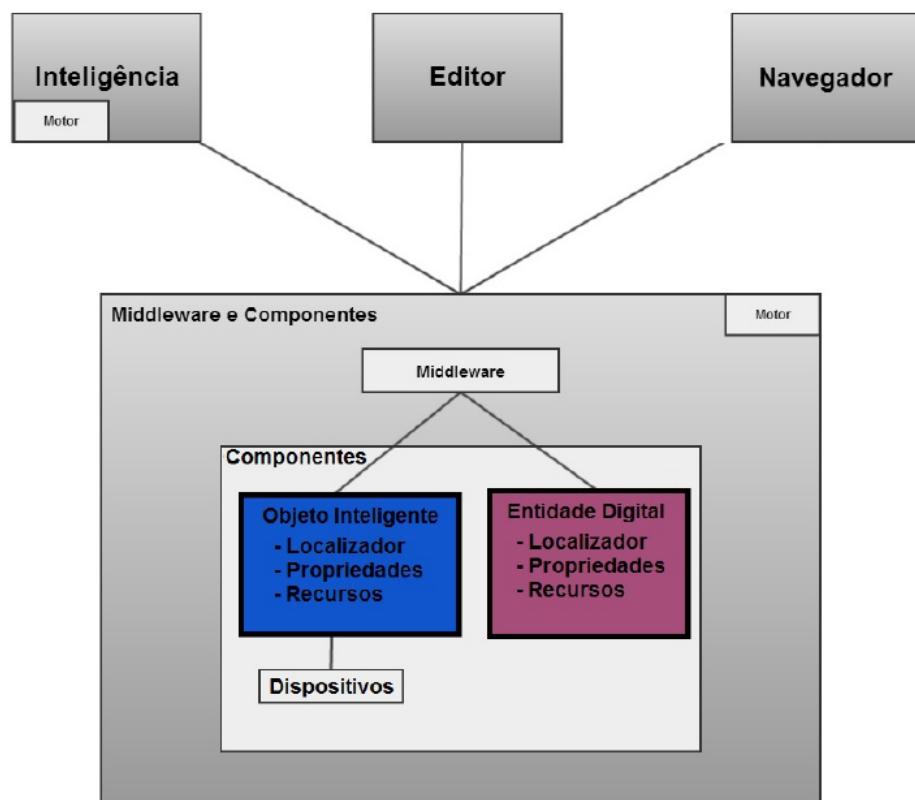


Figura 3.8: Arquitetura da Plataforma Toogle. Fonte: Santos *et al.* (2014)

Após apresentar a plataforma Toogle e baseando-se no trabalho de Xu *et al.* (2005), que apresenta um modelo conceitual para um ambiente virtual de aprendizagem construtivista, Santos *et al.* (2014) e Santos (2014) propõem um modelo conceitual para ambientes físico-virtuais de aprendizagem (Figura 3.9), o qual está relacionado com a plataforma apresentada. Tal modelo contém os sete elementos a seguir: (i) **aluno e contexto**: “alunos” são identificados como atores que interagem com o ambiente com o objetivo de aprender, enquanto o “contexto” pode ajudar nos momentos de aprendizagem, por exemplo, estabelecendo novos conteúdos; (ii) **professores**:

elaboram os currículos, determinam os objetivos de aprendizagem e mediam as adaptações (oportunismo) das situações de aprendizagem; (iii) **situação**: formaliza o contexto da situações de aprendizagem usando a abordagem de solução de problemas *STRIPS*, proposta por Fikes e Nilsson (1971), além de oferecer novas oportunidades para o ensino; (iv) **oportunismo**: sugerir situações de aprendizagem (com elementos físicos e virtuais) baseando-se nas interações prévias ou atuais dos estudantes; (v) **interação**: proporciona espaços de interação em que há a mistura de elementos físicos e virtuais; (vi) **objetivos de aprendizagem**: indicados pelo professor, são o enfoque das atividades; (vii) **currículo**: armazena as informações do currículo, além de possibilitar que o professor desenvolva objetos de aprendizagem que sejam físico-virtuais.

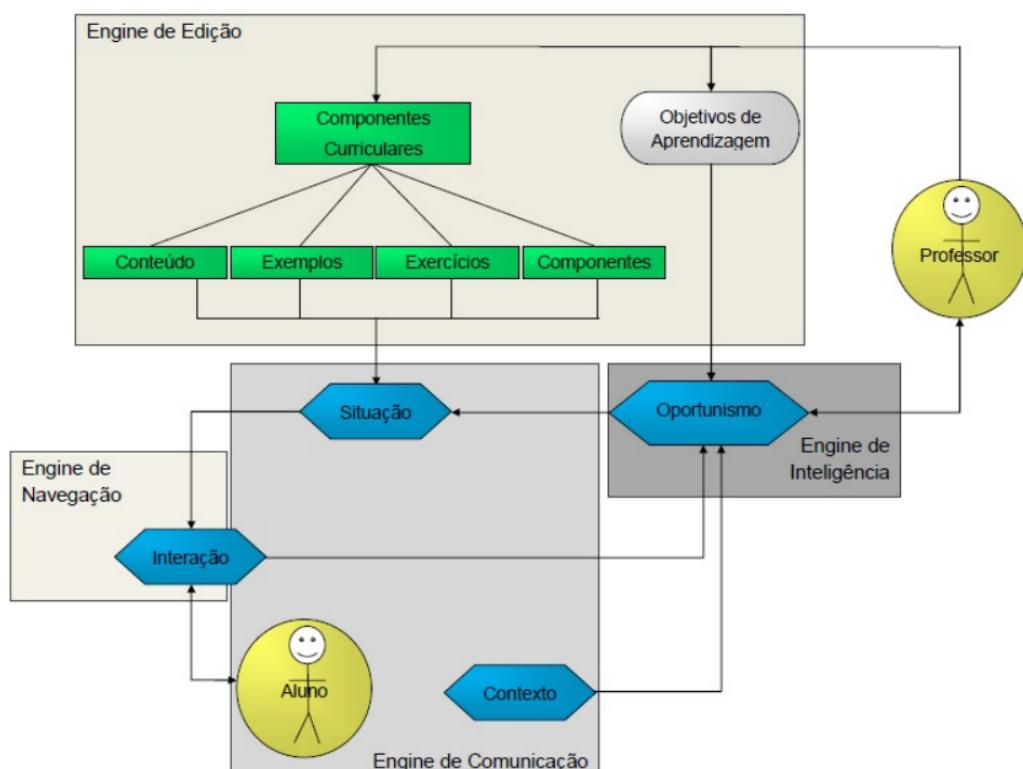


Figura 3.9: Modelo Conceitual de um Ambiente Físico-Virtual de Aprendizagem proposto por Santos (2014)

O estudo de caso de Santos *et al.* (2014) foi a criação de uma aula com os seguintes componentes: sala de aula, aluno, professor, apostila 1, apostila 2 e *smartphone*. Desse modo, foi introduzido um modelo em 3D de um prédio com várias salas de aula às quais foram associadas coordenadas de GPS que serviriam de gatilho para a visualização de apostilas em PDF, sendo a visualização das mesmas o objetivo de aprendizagem definido pelo professor. Além disso, o componente *smartphone* estaria associado a um componente “prevê_posição” para que as posições do aluno fossem coletadas e, então, se verificasse se a posição atual coincide com a posição do objetivo de aprendizagem.

A comunicação entre os diversos módulos da plataforma acontece através de arquivos XML que, por último, são enviados ao módulo de “inteligência do ambiente” que planeja a execução dos recursos. O artigo não detalha o modo como esse planejamento acontece, embora mencione que a execução das ações acontece mediante verificação das propriedades dos recursos, por exemplo,

enquanto a apostila não tiver sido visualizada, o sistema pode enviá-la assim que determinado estudante atingir a localização geográfica associada a ela.

Santos *et al.* (2014) concentra-se somente em definir uma arquitetura geral de como deveria ser um ambiente físico-virtual de aprendizagem e em implementar um exemplo dessa arquitetura, sem desenvolver/aplicar ferramentas/estratégias de gerência ou avaliação da aprendizagem e sem explorar dados relacionados a interação dos alunos com o material didático. Além disso, a plataforma e o modelo apresentados cobrem efetivamente apenas quatro dos oito requisitos requisitos de um ambiente físico-virtual de aprendizagem definidos por Santos (2014).

Leitura colaborativa em ambiente físico-virtual

O trabalho de Imamura e Baranauskas (2018) segue uma linha de leitura colaborativa que toma por base o construtivismo e o enativismo, onde, de acordo com os autores, no primeiro caso, o conhecimento é tido como algo a ser construído a partir das relações físicas e sociais estabelecidas pelos indivíduos e, no segundo, o conhecimento está relacionado a uma descoberta pela ação, a uma sensorialidade ou a uma experimentação do mundo físico (Imamura e Baranauskas, 2018).

Assim, a pesquisa de Imamura e Baranauskas (2018) utiliza realidade aumentada para viabilizar a implementação de um sistema socioenativo de Leitura Colaborativa Físico-Virtual (LCFV) que leva em consideração a exploração física do espaço por meio de uma aplicação para *smartphones*, conforme mostrado na Figura 3.10.

O primeiro protótipo do projeto utilizou *QR Codes* em cada objeto físico para dar acesso a sua representação e conteúdo virtuais e para o cenário de leitura foi criada uma narrativa baseada em um desafio onde o objetivo dos participantes era descobrir o que aconteceu usando informações do ambiente físico-virtual. Embora o primeiro experimento tenha sido feito com quatro estudantes de pós-graduação, o desafio foi proposto para ser aplicado a crianças de 10 anos que visitassem o Museu Exploratório de Ciências da Unicamp.

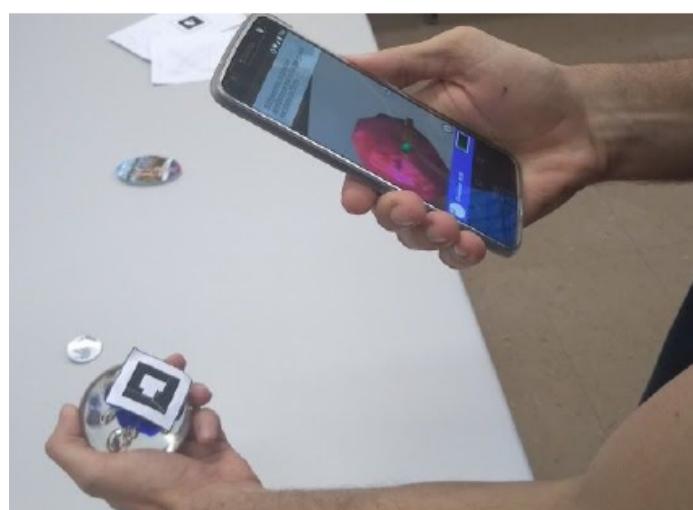


Figura 3.10: Exemplo de exploração do cenário físico usando *smartphone*.

Fonte: Imamura e Baranauskas (2018)

Imamura e Baranauskas (2018) indicam que o primeiro protótipo para LCFV foi implementado de modo que cada grupo tivesse 4 leitores e um moderador que conhece o funcionamento da história, tendo sido utilizados 14 objetos físicos com *QR Code* e 5 objetos sem interações virtuais diretas. Além disso, cada leitor recebe um papel diferente (cientista, programador, atleta e professor), onde cada um terá acesso a diferentes informações do objeto físico durante dois minutos. Assim, há um rodízio que faz com que, enquanto um membro do grupo “explora” o cenário, os outros levantam questionamentos e hipóteses que ajudem a compor a narrativa (Figura 3.11).

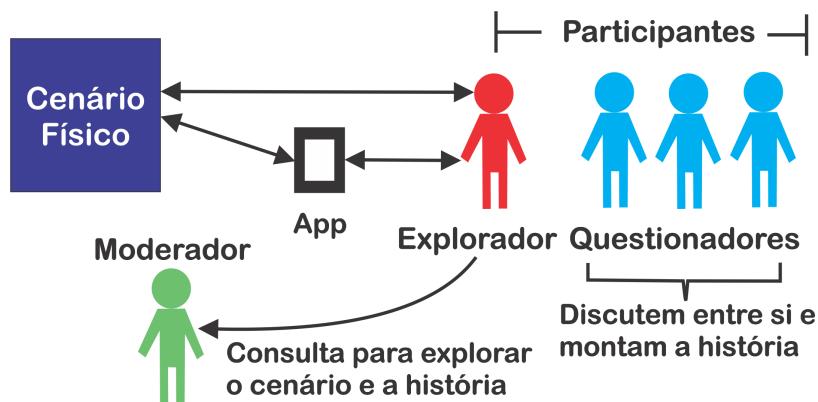


Figura 3.11: Configuração da LCFV para o primeiro experimento.

Fonte: Imamura e Baranauskas (2018)

Segundo Imamura e Baranauskas (2018), a leitura colaborativa deve resultar em “um texto estruturado por imagens, colagens, diagramas e falas dos participantes”. Além disso, os participantes também têm disponíveis objetos que ajudem a organizar as informações, tais como materiais de escrita, *post-it* e um espaço para colocar as perguntas envolvendo a história, reflexões resultantes da experiência, conexões feitas entre o que foi explorado e o mundo exterior.

Após a atividade, foi feita uma avaliação utilizando um questionário AttrakDiff que, de acordo com Imamura e Baranauskas (2018), usa uma escala semântica de -3 a 3 para avaliar aspectos da experiência do usuário tais como atratividade, estímulo e qualidade pragmática e hedônica. Assim, de acordo com essa avaliação, a experiência dos usuários foi expressa através de palavras com 100% de concordância dos participantes (‘agradável’, ‘convidativo’, ‘criativo’, ‘cativante’ e ‘motivadora’), com concordância acima de 80% (‘prática’, ‘integradora’, ‘boa’, ‘inovadora’, ‘desafiadora’, ‘nova’, ‘profissional’, ‘imprevisível’ e ‘apresentável’). Além disso, houve menos concordância a respeito se a experiência foi ‘confusa’ ou ‘claramente estruturada’.

Embora proponha algo muito inovador, não somente pela inserção de sistemas ciberfísicos, mas também pela proposta de leitura colaborativa com uma abordagem socioenativa, o trabalho de Imamura e Baranauskas (2018) não prevê um modo de avaliar automaticamente a aprendizagem dos estudantes (especialmente por que o cenário demanda algum nível de imprevisibilidade) e não utiliza os elementos tangíveis em associação a uma plataforma educacional mais ampla.

Objetos Tangíveis no Ensino de Matemática

Lima *et al.* (2016) apresentam uma proposta de design colaborativo de objetos tangíveis para crianças e uma versão tangível do Tangram que fornece *feedback* automático aos estudantes e professores com relação a posição das peças (se foram colocadas corretamente ou não). De acordo com os autores, o jogo Tangram possibilita o aprendizado de conceitos geométricos de frações, lados, ângulos, formatos semelhantes, perímetro e área de figuras planas, semelhanças de triângulos, ângulos e polígonos congruentes.

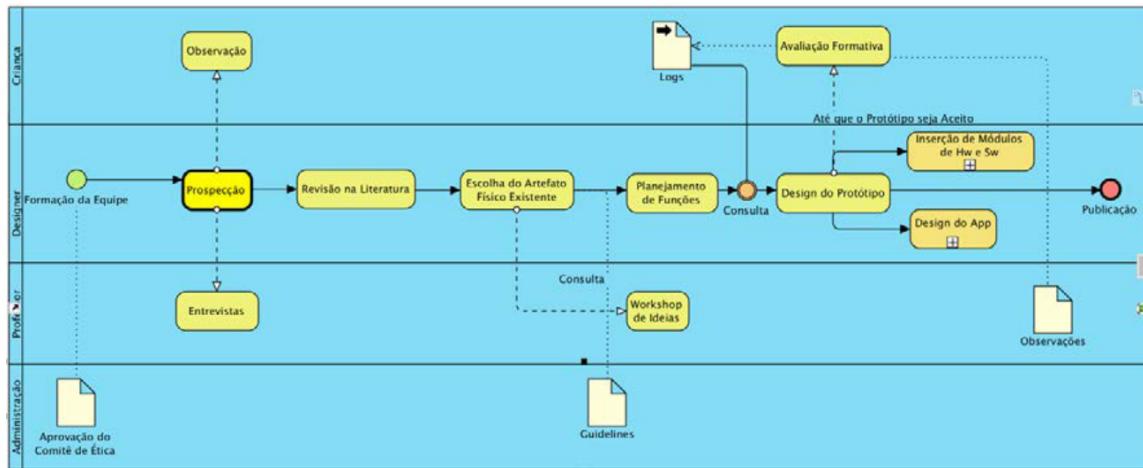
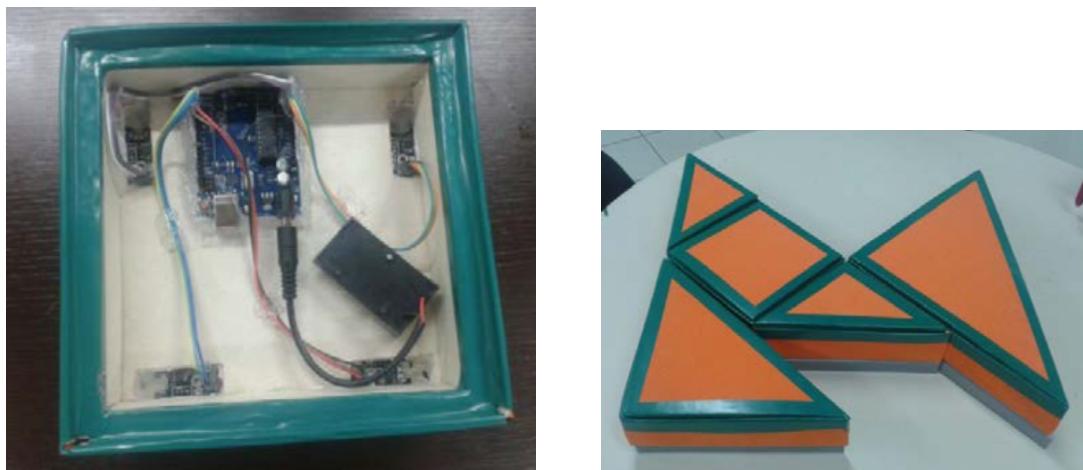


Figura 3.12: Processo de Design em Artefatos Tangíveis para Crianças.

Fonte: Lima *et al.* (2016)

Como parte da metodologia utilizada, uma abordagem baseada em Design Participativo foi adaptada de modo que o objeto tangível fosse gerado a partir da observação e colaboração de crianças que utilizariam o jogo, além disso é apresentada uma descrição do modelo de processo utilizando diagrama BPMN (Figura 3.12).



(a) Peça com sensores e Arduíno embutidos

(b) Peças do Tangram instrumentadas com sensores

Figura 3.13: Protótipo do Tangram Tangível

Foram elaborados dois protótipos funcionais, onde o primeiro protótipo foi apenas uma prévia para o segundo, de modo que os materiais utilizados na construção das sete peças do Tangram no protótipo final (Figura 3.13) foram: “Arduíno Uno, Sensor Hall, Shield Bluetooth, Jumper wires,

Cabo USB, LED, Tecido inteligente, Cartolina, Emborrachado, Papelão Branco, Régua, Lápis, Pincel e Fitas”. Como parte da proposta do jogo, foi implementado um aplicativo Android (Figura 3.14) com imagens que deveriam ser selecionadas pelos estudantes e replicadas utilizando o objeto tangível.



Figura 3.14: Tela do App para o Tangram Tangível.

Fonte: Lima *et al.* (2016)

Por fim, é importante salientar que, embora o trabalho comente sobre o fornecimento de um *feedback* para estudantes e professores e sobre uma avaliação formativa ter sido realizada, não são apresentados mais detalhes além de que essa avaliação fez parte do processo de construção dos protótipos. Além disso, o trabalho não prevê um método de avaliação da aprendizagem usando dados coletados pelo objeto tangível, bem como o protótipo não está integrado a qualquer ambiente de aprendizagem mais abrangente.

Ambiente Virtual Tangível no Ensino de Ciências

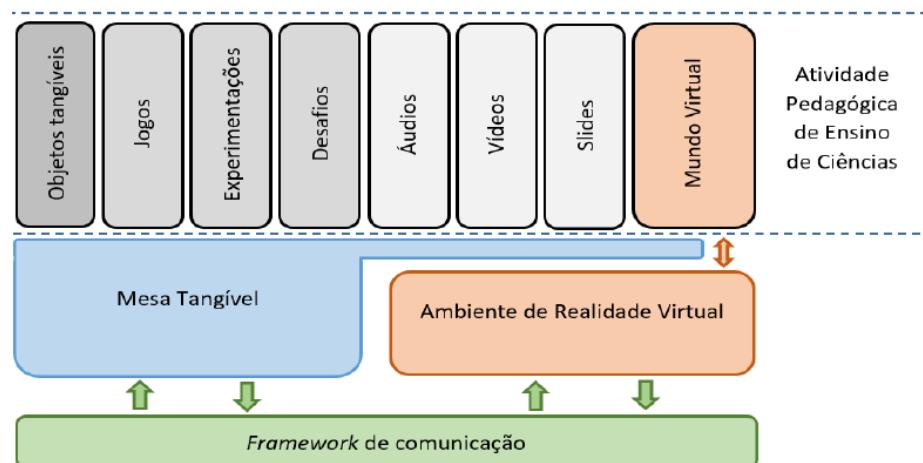


Figura 3.15: Integração da MT e RV numa atividade pedagógica.

Fonte: Gluz *et al.* (2018)

Gluz *et al.* (2018) apresentam uma proposta de ambiente de aprendizagem que utiliza objetos tangíveis e realidade virtual 3D, que denominam de “Ambiente de ensino Virtual Tangível (AVT)”, cujo objetivo é auxiliar no ensino de Ciências numa perspectiva inclusiva, com estudantes que tem déficit de comunicação.

Como objeto tangível é utilizada uma Mesa Tangível (MT), que provê uma superfície onde os estudantes podem manipular os objetos de modo que essa manipulação física seja comunicada a um ambiente de Realidade Virtual (RV) 3D através de um *framework* especialmente construído para isso. A Figura 3.15 apresenta como as partes desse ambiente se comunicam.

De acordo com Gluz *et al.* (2018), a construção da MT contou com os seguintes materiais: estrutura de madeira, superfície de acrílico e vinil translúcido, LEDs de infravermelho, projetor, câmera de infravermelho e um computador. O software da MT é composto de um editor, um player e uma biblioteca de protocolos de comunicação, tendo sido desenvolvido utilizando tecnologias web como HTML5 e JavaScript. Além disso, a comunicação com a RV é feita através de *web services*.

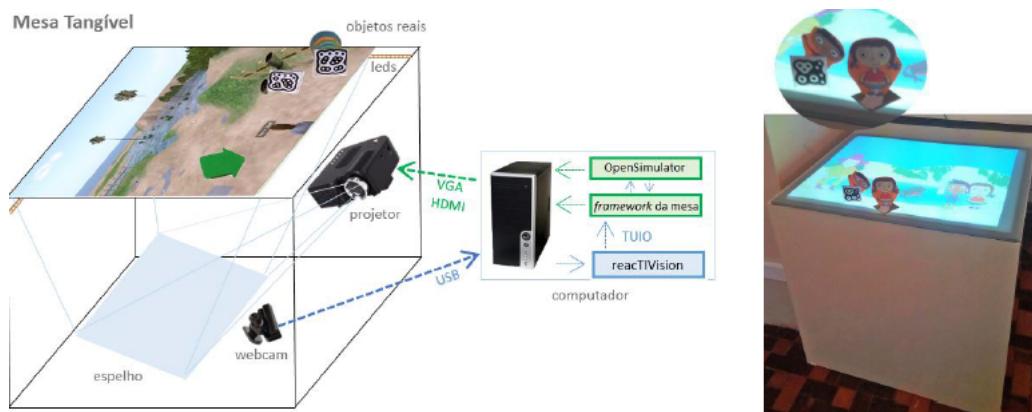


Figura 3.16: Estrutura e componentes da mesa tangível.

Fonte: Gluz *et al.* (2018)

A Figura 3.16 apresenta o esquema dos componentes da mesa tangível e uma imagem da mesa real construída, onde se pode observar a superfície tangível através da qual os estudantes interagem com o ambiente virtual utilizando objetos físicos.

No contexto da proposta apresentada por Gluz *et al.* (2018), o AVT apresenta uma história educativa ambientada no Parque Estadual de Itapeva (RS) contendo quatro personagens com diferentes funções dentro da história e que interagem com os estudantes como um agente pedagógico inteligente cujo objetivo é explicar, guiar, interagir e lançar desafios aos estudantes.

Ademais, o trabalho apresentado é centrado na descrição do desenvolvimento do ambiente virtual e da prova de conceito, inclusive apresentando a proposta de roteiro da história implementada, de modo que os próprios autores comentam que o próximo seria a realização de experimentos empíricos em sala de aula. Assim, o ambiente virtual tangível, sendo uma proposta ambiente educacional, possibilita o uso de diferentes objetos de aprendizagem (objetos tangíveis, jogos,

desafios, áudios, vídeos, slides,...), mas, não pressupõe alguma abordagem de avaliação da aprendizagem ou coleta de dados de interação dos estudantes com a mesa tangível.

Por fim, a Tabela 3.5 apresenta um resumo dos trabalhos desta seção, de modo a melhor comparar as suas características. Assim, nenhum dos trabalhos apresenta isoladamente um objeto físico ou virtual, mas, objetos que podem ser considerados tangíveis, uma vez que tais objetos contém elementos físicos e virtuais que, de algum modo, estão integrados entre si. Apenas dois trabalhos fazem uma Avaliação Experimental (AE) (Imamura e Baranauskas, 2018; Lima *et al.*, 2016), dois trabalhos tem algum tipo de integração com um ambiente de aprendizagem (Santos, 2014; Gluz *et al.*, 2018), embora Santos (2014) apresente um modelo e uma instância de um ambiente ‘físico-virtual’ que provê objetos tradicionais e, outros dois trabalhos (Santos, 2014; Lima *et al.*, 2016) apresentam modelos genéricos relacionados a objetos físico-virtuais (tangíveis). É importante notar que nenhum dos trabalhos apresenta coleta de dados e nem avaliação da aprendizagem, inclusive através de dados provenientes destas coletas.

Tabela 3.5: Resumo - Sistemas Físico-Virtuais no Brasil

Autor(es)	MF	MV	MT	AE	Coleta dados	AA	Integração com AVA	Modelo Genérico
Santos et al. (2014)							X	X
Imamura e Baranauskas (2018)			X	X				
Lima et al. (2016)			X	X				X
Gluz et al. (2018)			X				X	

3.2 Ferramentas de Autoria de Objetos de Aprendizagem

Ferramentas de autoria auxiliam nos processos de criação, inserção e utilização de objetos de aprendizagem como parte do material didático com o objetivo de facilitar o ensino-aprendizagem e, assim, contribuir com o engajamento e a construção do conhecimento por parte dos estudantes. Neste trabalho, o processo de autoria de objetos de aprendizagem, especialmente questionários avaliativos e objetos tangíveis, está a cargo do módulo Compositor (ver Seção 4.1), de modo que esta seção apresenta alguns trabalhos relacionados a métodos e ferramentas de autoria.

Tendo em vista que pacotes de aplicativos para escritório contendo editores de texto, de planilhas ou de apresentação são amplamente difundidos e que, por isso, tais ferramentas podem ter seu uso facilmente direcionado para a criação de objetos de aprendizagem, Passos *et al.* (2010) propõem a inserção de códigos em VBA (*Visual Basic for Applications*) no Microsoft PowerPoint para criação de aplicações interativas que facilitem a aprendizagem dos conteúdos curriculares em escolas públicas de um município do interior do Estado do Amazonas (Brasil).

Orlandi e Isotani (2012) apresentam uma ferramenta de autoria para dispositivos móveis chamada LECA (Lista de Exercícios com Correção Automática), focada na criação e na responsividade de

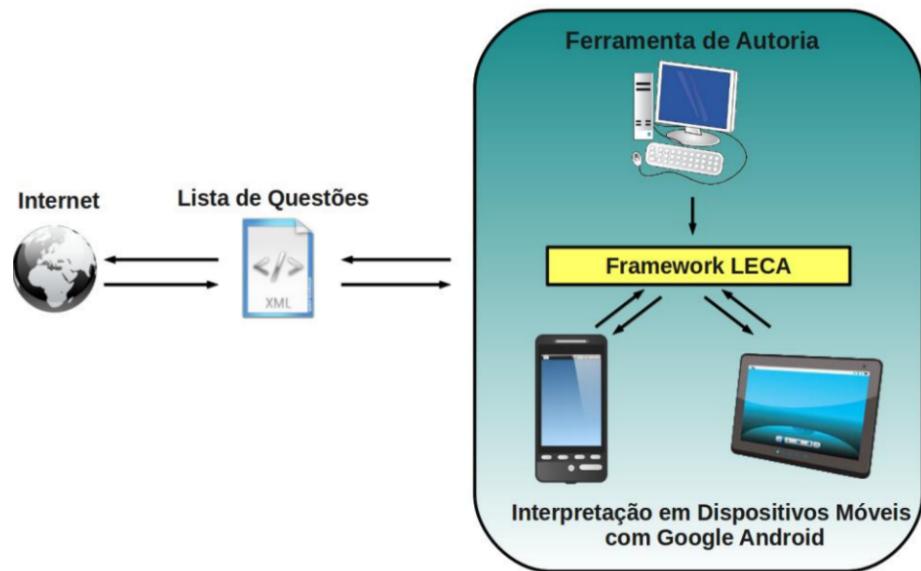


Figura 3.17: Arquitetura do LECA. Fonte: Orlandi e Isotani (2012)

listas de exercícios de múltipla escolha com avaliação do desempenho do aluno através de pontuação. A Figura 3.17 apresenta o diagrama da relação do *framework* do LECA com as aplicações diversas, onde nota-se que o sistema é composto por uma parte de autoria das questões e por outra de visualização.

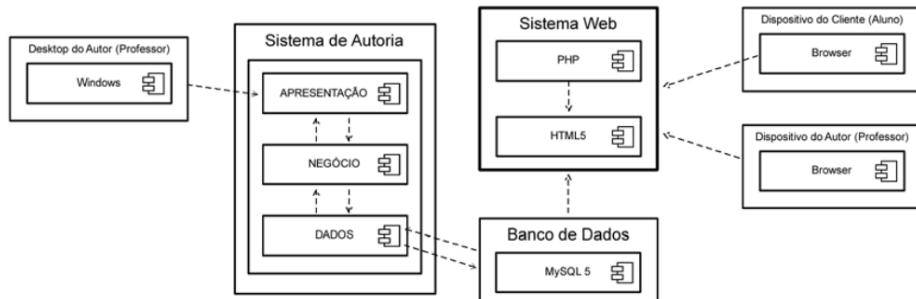


Figura 3.18: Estrutura da Plataforma “Fábrica de Objetos”.

Fonte: Guterres e Moraes (2014)

Guterres e Moraes (2014) descrevem uma plataforma para construção de objetos de aprendizagem com foco em usuários com pouco conhecimento de informática. A plataforma apresentada foi implementada usando tecnologias web, dentre elas: HTML5, CSS e JQuery. A Figura 3.18 ilustra o diagrama de componentes desta plataforma, onde pode-se observar que ela tem duas partes principais: (a) Sistema de Autoria e (b) Sistema Web com Banco de Dados. Onde o Sistema de Autoria é o responsável de fato pela criação, modificação ou remoção dos objetos de aprendizagem ou das páginas que os compõem e o Sistema Web permite o gerenciamento destes OA. Além disso, cada objeto de aprendizagem existente no repositório é organizado conforme ilustrado na Figura 3.19.



Figura 3.19: Estrutura dos OAs na plataforma “Fábrica de Objetos”.

Fonte: Guterres e Moraes (2014)

3.3 Ferramentas e Métricas de Avaliação do Desempenho

As novas tecnologias possibilitam obter dados de interação dos estudantes ao longo do processo de aprendizagem, permitindo gerar gráficos e análises que auxiliem o professor na avaliação e na tomada de decisões que envolvam, por exemplo, a adição de atividades pedagógicas que reforcem o aprendizado de um conteúdo, e é considerada uma estratégia pedagógica mais eficiente. Assim, dados obtidos de aulas e avaliações podem permitir melhores inferências relacionadas ao perfil de aprendizagem e às dificuldades de uma determinada turma ou de um único estudante. Desta forma, o sistema pode recomendar diversas atividades e estratégias que sejam mais adequadas e adaptadas às reais necessidades da classe ou aluno.

Além disso, há ainda pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de métricas e ferramentas específicas para a avaliação do desempenho dos estudantes a fim de melhorar o acompanhamento da aprendizagem por parte do professor. Assim, esta seção apresenta alguns trabalhos correlatos a avaliação da aprendizagem de estudantes em situação escolar.

3.3.1 WebMonitor - monitoramento e acompanhamento

Lucena *et al.* (2015) propõem uma ferramenta para monitoramento de desempenho em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) chamada o WebMonitor, que funciona como um *plugin* para monitoramento de *logs* de tarefas e participação em fóruns do Moodle.

A Figura 3.20 apresenta a arquitetura da ferramenta, cujo fluxo de informações pode ser resumido em cinco passos (Lucena *et al.*, 2015):

1. Acesso ao AVA Moodle pelos estudantes (via Desktop ou dispositivo móvel);
2. Moodle coleta as ações dos usuários e as registra em um log;
3. Mediador acessa o WebMonitor instalado no Moodle;
4. WebMonitor recupera e processa os dados de logs da base de dados do Moodle;

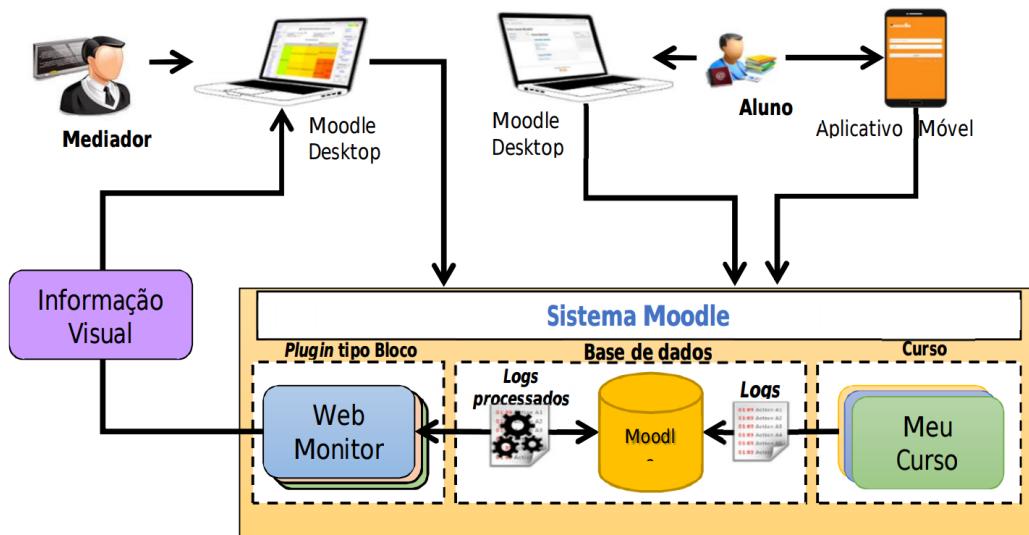


Figura 3.20: Arquitetura do WebMonitor. Fonte: Lucena *et al.* (2015)

5. A informação processada é transformada visualmente e disponibilizada ao mediador através de representações gráficas (*Treemaps* e gráficos de barras).

Desse modo, o monitoramento é realizado utilizando a técnica *Treemap* para visualização da informação a fim de auxiliar o professor na percepção do desempenho acadêmico e do comportamento dos estudantes em atividades como postagem de arquivos e interações em fóruns de discussão, o que, segundo os autores, possibilitaria melhores condições de identificar possíveis desistências, reprovações ou evasão de estudantes por parte dos professores ou mediadores. Na Figura 3.21, o WebMonitor exibe as interações de um aluno.

3.3.2 Metodologia para *Learning Analytics*

Com enfoque em cursos semipresenciais ou híbridos, Nunes *et al.* (2016) propõem uma metodologia de avaliação onde o desempenho é calculado a partir das notas e da participação do aluno.

De acordo Nunes *et al.* (2016), o processo de *Learning Analytics* consiste nos cinco passos seguintes: (1) Capturar dados; (2) Reportar dados; (3) Predizer; (4) Adaptar; (5) Personalizar; e (6) Intervir. Além disso, as técnicas utilizadas para a realização de *Learning Analytics* podem ser: (i) análises de redes sociais; (ii) processamento de linguagem natural; (iii) predição; (iv) determinação de risco; (v) sequenciamento de curso; e (vi) identificação de alunos que precisam de ajuda.

Assim, a proposta apresentada por Nunes *et al.* (2016) apresenta como critério avaliativo, para cada aluno, o cálculo de uma Nota Final (NF), a partir da Equação 3.2. Onde, PT é dada pela “Participação da Turma”, seja virtual (fóruns, mensagens e *chats*), seja presencial (assiduidade,

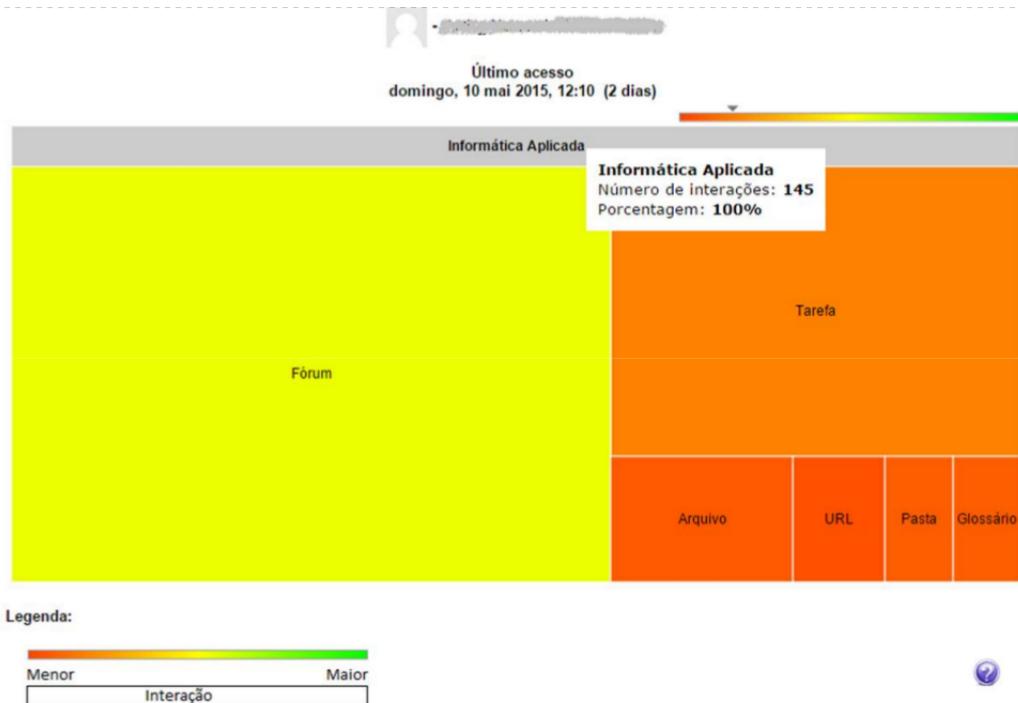


Figura 3.21: Exemplo do Treemap das interações de um estudante.

Fonte:Lucena *et al.* (2015)

resolução de exercícios em sala, cumprimento de prazos de entrega); AE são “Atividades Executadas” e PE é a nota da “Prova Escrita”.

Como *feedback*, são apresentados gráficos de quantidade de alunos aprovados e reprovados por turma (Figura 3.22), relação entre a nota da participação virtual ou presencial e o número de acessos por turma.

$$NF = \frac{(PT + AE + (PE * 2))}{4} \quad (3.2)$$

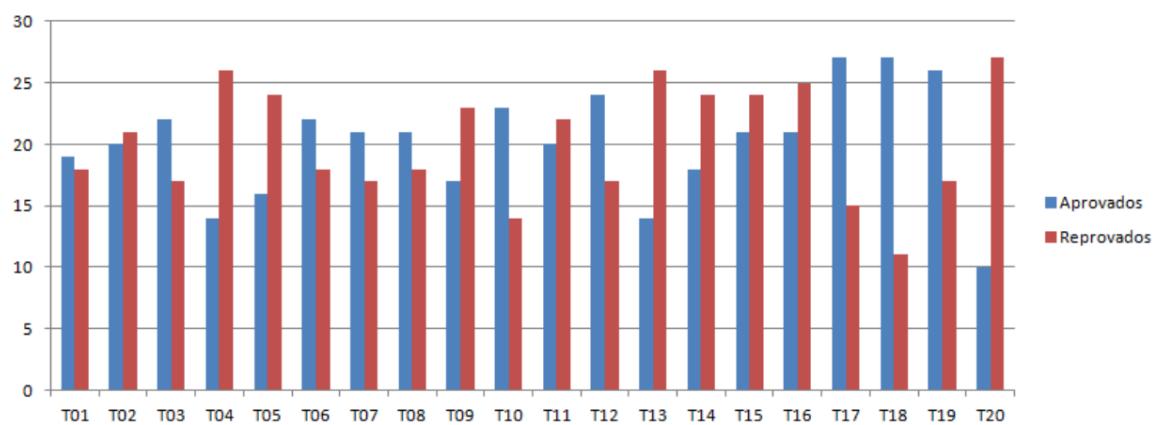


Figura 3.22: Alunos Aprovados e Reprovados por Turma

3.3.3 Métricas de Desempenho para Estudantes e Professores

Um conjunto de métricas que leva em consideração o histórico de atividades dos estudantes foi descrito por Biswas e Ghosh (2007), são eles: (a) Nível de Compreensão, (b) Taxa de Aprendizagem do Aluno e, (c) Nível de dificuldade de um elemento de ontologia (assunto, tópico ou conceito).

Nível de Compreensão (Equação 3.3) é uma métrica que quantifica a relação entre diferentes índices de dificuldade, tempo de resposta e desvio. Os **índices de dificuldade** (tópico, conceito e questão) são descritos na Tabela 3.6. O **tempo de resposta** é aplicado para capturar os chutes do estudante e deve ser comparado com o tempo de resposta esperado fornecido pelo autor da questão. Existem duas classes de Tempo de Resposta, a classe “chute” com valor 5 e a “resposta normal” (ou opinião fundamentada), cujo valor é 1. O parâmetro **desvio** é dado de acordo com a classificação de resposta mostrada na Tabela 3.7, onde 0 significa que é uma resposta “completamente incorreta” e 5 corresponde a resposta “perfeita”, ou seja, a resposta correta.

$$L_u = \frac{IDT \cdot IDC \cdot IDQ \cdot Desvio}{Tempo\ de\ Resposta} \quad (3.3)$$

Tabela 3.6: O índice de dificuldade significa o quanto difícil é uma questão ou tópico.

Índice de Dificuldade	Fácil	Normal	Difícil
Índice de Dificuldade do Tópico (IDT)	1	3	5
Índice de Dificuldade do Conceito (IDC)	1	3	5
Índice de Dificuldade da Questão (IDQ)	1	3	5

Biswas e Ghosh (2007) enfatizam que os valores das Tabelas 3.6, 3.7 e do “Tempo de Resposta” não foram derivados matematicamente, mas eles são aplicados apenas para diferenciar as distintas classes de estudantes. Nesse caso, é possível escolher quaisquer outros valores.

Tabela 3.7: Valor do parâmetro Desvio

Desvio	Não tem ideia	Abaixo do Meio	Meio	Quase correto	Correto
Valor	0	2	3	4	5

Para estabelecer a métrica **Taxa de Aprendizado do Estudante (SLR)**, Biswas e Ghosh (2007) introduzem a definição de “Pontuação do Estudante”, definida por $SS(s, i, o)$, que diz sobre a pontuação de um estudante s em uma i -ésima avaliação em relação a um elemento ontológico o , onde esta ontologia pode ser uma disciplina, tópico ou conceito. Assim, a taxa de aprendizado do estudante é a melhoria, na média, na pontuação de um estudante com respeito ao conjunto de avaliações. Isso permite a observação da evolução contínua e é expressa pela Equação 3.4, onde N é o total de questões acerca do elemento ontológico o , e i é uma variável que expressa uma avaliação específica.

$$SLR(s, o) = \frac{\sum\{(SS(i+1) - SS(i)) \cdot |SS(i+1) - SS(i)|\}}{N - 1} \quad (3.4)$$

Finalmente, Biswas e Ghosh (2007) definem que o **Nível de Dificuldade (DL)** de um elemento ontológico o pode ser quantificado para todo s através da Equação 3.5.

$$DL(o) = \overline{SLR}(s, o) \quad (3.5)$$

3.3.4 Modelo *Learning Vectors* para Moodle

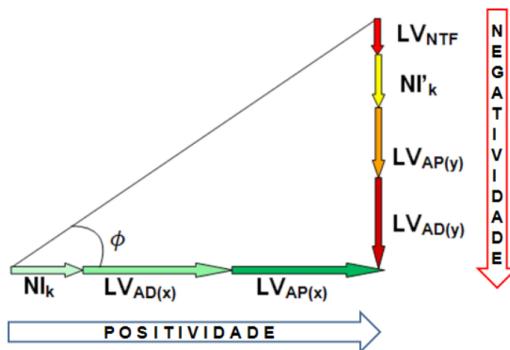


Figura 3.23: Representação do Vetor-Aprendizagem. Fonte: Sales *et al.* (2019)

Sales *et al.* (2019) apresentam uma ferramenta para Avaliação Formativa no AVA Moodle através de *emoticons* e GIFs animados que alimentam um modelo baseado em Vetores-Aprendizagem. Os *emoticons* e GIFs compõem uma escala iconográfica que os associa às seguintes menções qualitativas: “muito bom”, “bom”, “regular”, “fraco”, “não satisfatório” e “neutro” com o objetivo de alimentar um modelo matemático que leva em consideração as interações dos alunos em fóruns de discussão, tarefas, wikis e salas de chats para gerar pontuações, permitindo também a importação de notas de quizzes e o gerenciamento da frequência dos alunos.

A Figura 3.24 apresenta o modelo proposto por Sales *et al.* (2019), onde, através de uma escala de menções qualitativas baseada na Escala Likert associada ao uso de *emoticons* e GIFs, o professor/tutor avalia as interações dos alunos nas diversas atividades dentro do Moodle. Com essas avaliações, é possível calcular os vetores de aprendizagem (Figura 3.23) de modo que as projeções horizontais (LVx) e verticais (LVy) do vetor expressam, de um lado, a positividade de desempenho do aluno e a nota da atividade e, de outro, a negatividade do desempenho, respectivamente.

Além disso, em um trabalho anterior, Sales *et al.* (2012) especificam que a Positividade (P), dada pela Equação 3.6, é o somatório das projeções horizontais dos vetores de aprendizagem $LV_{AD(x)}$ de atividades a distância (fóruns, chats, tarefas e wikis) e $LV_{AP(x)}$ de atividades presenciais, acrescido

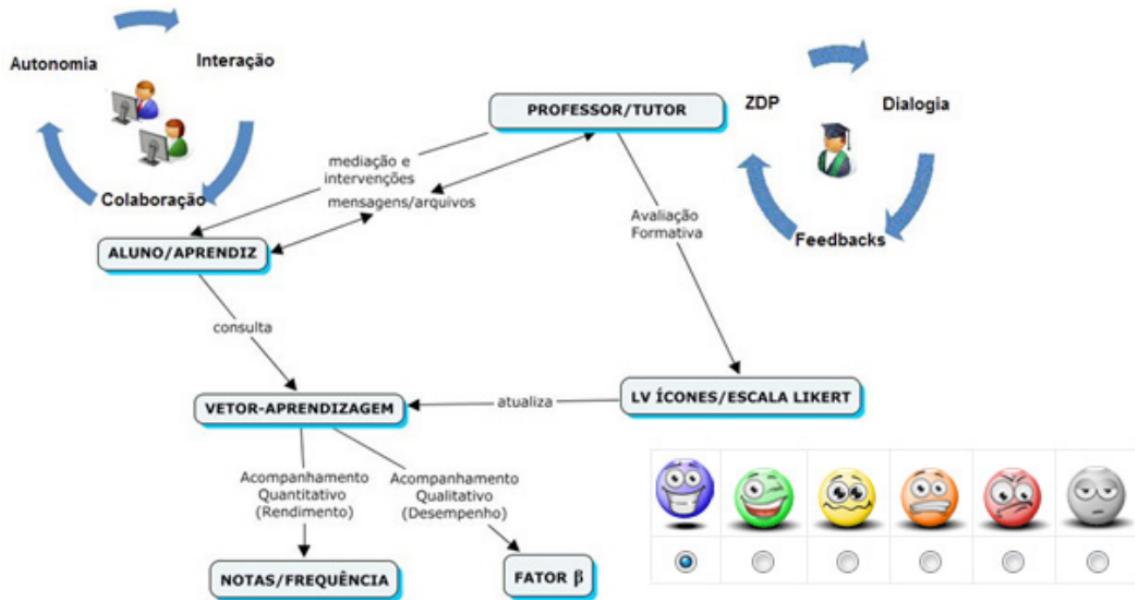


Figura 3.24: Modelo de Avaliação usando Learning Vectors.

Fonte: Sales *et al.* (2019)

do número de interações positivas NI_k ponderadas e categorizadas pelo professor/tutor como “muito bom” (peso 3 - azul), “bom” (peso 2 - verde) e “regular” (peso 1 - amarelo).

$$P = \sum_x^{i=1} LV_{ADi} + \sum_y^{j=1} LV_{APj} + \sum_z^{k=1} NI_k \quad (3.6)$$

Por sua vez, a Negatividade (N), expressa na Equação 3.7, é o somatório das projeções verticais dos vetores de aprendizagem $LV_{AD(y)}$ e $LV_{AP(y)}$, acrescido do somatório do número de interações negativas NI'_k categorizadas como “fraco” (peso 1 - laranja) ou “não satisfatório” (peso 2 - vermelho) e do número total de faltas, dado por LV_{NTF} (Sales *et al.*, 2012).

$$N = \sum_x^{i=1} LV'_{ADi} + \sum_y^{j=1} LV'_{APj} + \sum_z^{k=1} NI'_k + LV_{NTF} \quad (3.7)$$

Dados os vetores ortogonais de positividade e negatividade, é calculado o “Fator β ”, que é dado por P/N e é o indicador qualitativo não linear do nível de desempenho dos alunos (Sales *et al.*, 2012).

3.4 Resumo

Neste capítulo, descrevemos e analisamos diversos trabalhos relacionados com a criação e utilização de manipulativos físicos e virtuais no contexto educacional, tais trabalhos têm em comum o enfoque somente em uma ou no máximo duas fases do processo de

ensino-aprendizagem. Assim, a maioria dos trabalhos propõe objetos de aprendizagem físicos ou virtuais juntamente com um ambiente de utilização especializado (Zacharia e Olympiou, 2011; Salehi *et al.*, 2014; Ha e Fang, 2018; Blikstein *et al.*, 2012, 2016; Azad e Hashemian, 2016; Imamura e Baranauskas, 2018), mas, poucos fazem avaliação da aprendizagem (Zacharia e Olympiou, 2011; Salehi *et al.*, 2014; Ha e Fang, 2018) e nenhum dos trabalhos propõe efetivamente uma avaliação da aprendizagem que leve em consideração dados de interação dos alunos com objetos físicos/virtuais.

Os trabalhos de Santos *et al.* (2014); Imamura e Baranauskas (2018); Lima *et al.* (2016); Gluz *et al.* (2018), que abordam diretamente o contexto de objetos tangíveis e de ambientes físico-digitais, apesar de conterem elementos embrionários que podem ser aproveitados como inspiração para a construção de um ambiente tangível de aprendizagem, não apresentam abordagens formais para descrição e padronização de objetos tangíveis de modo que possam ser integrados a um ambiente de aprendizagem coerente que possibilite o registro e a análise de dados de interação dos estudantes e, por conseguinte, a avaliação da experiência de aprendizado, de modo que seja possível propor ações pedagógicas voltadas a melhoria dessa experiência.

Além disso, a maioria dos trabalhos focados somente na autoria de objetos de aprendizagem em geral (Passos *et al.*, 2010; Orlandi e Isotani, 2012; Guterres e Moraes, 2014), não levam em consideração a criação de objetos que sejam ao mesmo tempo físicos e virtuais/digitais.

Por fim, este capítulo apresentou trabalhos e ferramentas que abordam a questão da avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem (Lucena *et al.*, 2015; Nunes *et al.*, 2016; Biswas e Ghosh, 2007; Sales *et al.*, 2012, 2019). Entretanto, apenas Biswas e Ghosh (2007) e Sales *et al.* (2012) apresentam novas métricas ou modelos para verificação do desempenho dos estudantes nesses ambientes. Além disso, nenhum dos trabalhos leva em consideração o uso de objetos físico-digitais de aprendizagem.

Desse modo, a plataforma a ser apresentada nesta Tese, ao abranger as três fases de Autoria, Condução e Avaliação de uma aula, almeja contribuir com os esforços de aprimoramento destes processos através da inserção de recursos computacionais tangíveis em um ambiente de aprendizagem de modo que possam ser utilizados de forma integrada aos objetos de aprendizagem já existentes, além de possibilitar avaliação/acompanhamento da aprendizagem de uma forma diferenciada.

Capítulo 4

Método Proposto

Este capítulo descreve a arquitetura e as ferramentas propostas por este trabalho para a criação de um ambiente de educação apoiada por tecnologia que permita a inserção e o uso de objetos tangíveis de aprendizagem, além de métricas para acompanhamento e avaliação da aprendizagem que auxiliem o professor e os estudantes ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Zilse *et al.* (2016) afirmam que o processo de educação em sala de aula tem duas fases principais: (1) Composição da aula e (2) Execução da aula. Na fase de execução, há a possibilidade de avaliação da aula a partir de *feedbacks* que o professor obtém através de comentários, comportamentos ou mesmo dos questionários que ele aplicou aos estudantes. Assim, o Modelo apresentado nesta Tese, consiste em uma arquitetura composta por quatro módulos que interagem entre si: (1) *Composer*, (2) *Servidor*, (3) *Player* e (4) *Analytics*.

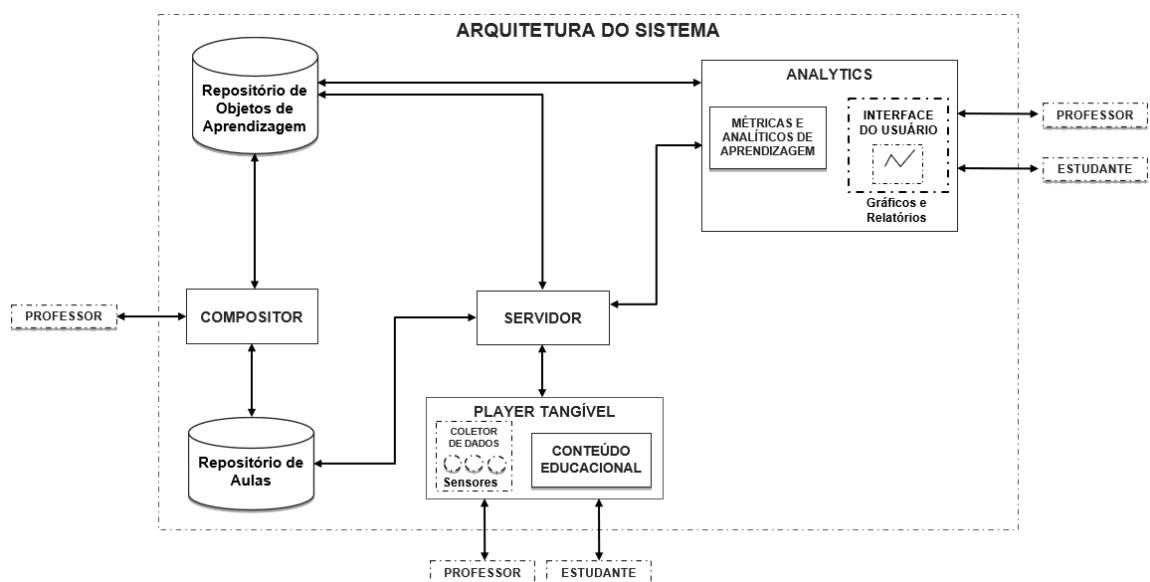


Figura 4.1: Arquitetura da Plataforma proposta

De acordo com o Modelo apresentado na Figura 4.1, pode-se perceber que o professor interage e atua no ambiente educacional durante todo o processo, isto é, da composição e execução da aula até

a visualização dos gráficos ou analíticos de aprendizagem gerados pelas interações dos estudantes com o conteúdo educacional, que acontecem apenas durante a aula e, sempre, mediadas pelo *Player*.

Este capítulo é dividido em 4 seções. A primeira descreve o Compositor, os tipos de objetos de aprendizagem que são aceitos para a elaboração de uma aula, além da proposta de inclusão de objetos tangíveis de aprendizagem. A segunda seção apresenta o Servidor, que é responsável por agregar e armazenar os dados da interação dos estudantes com os dispositivos. Após isso, é apresentada a arquitetura do Player, que é responsável pela execução da aula, propriamente dita, e pela coleta dos dados de interação. Além de uma proposta de adição de objetos tangíveis de aprendizagem que permita interação entre suas partes física e digital. Por fim, a quarta seção aborda as métricas e analíticos de aprendizagem, ou seja, a parte do sistema responsável pelas análises dos dados e pela construção de gráficos para ajudar em tomadas de decisão que mais ajudem os estudantes nos processos de ensino-aprendizagem.

4.1 Composer

Essencialmente, este módulo atua como ferramenta e repositório de aulas e objetos de aprendizagem, de modo que é o responsável pela composição das aulas a partir de objetos de aprendizagem criados e/ou inseridos pelo professor, podendo também receber objetos provenientes de outros repositórios. É importante salientar que, em especial, o compositor permite a geração de objetos de aprendizagem como questionários avaliativos de múltipla-escolha e tangíveis. Outros objetos como slides, vídeos e imagens podem ser inseridos/trocados e utilizados na composição de uma aula, mas não podem ser editados pela ferramenta.

Para organização do sistema, foi criada uma hierarquia em que o maior nível é o da ‘Disciplina’, dentro dele são cadastradas várias ‘Aulas’, onde cada aula pode conter objetos de aprendizagem de diversos tipos. Além disso, estes objetos também estão ligados às disciplinas e a um professor que pode exercer o papel de autor desse objeto.

A Figura 4.2 apresenta os principais componentes do Compositor, divididos em duas partes: (i) ‘Repositório de Aulas’, onde é possível visualizar as entidades *Disciplina*, *Aula* e *Objetos de Aprendizagem*, e (ii) ‘Repositório de Objetos de Aprendizagem’, onde os objetos incluídos em uma aula podem ser acessados diretamente do banco de dados, especialmente, quando há reutilização de um objeto já armazenado. Além disso, há um destaque para a integração de objetos tangíveis de aprendizagem na plataforma.

Nesta abordagem, o banco de dados foi modelado para descrever os objetos de aprendizagem de tal modo que os seus metadados sejam compatíveis com os padrões IEEE-LOM e OBAA, tendo sido acrescentadas informações além do padrão relacionadas às métricas de aprendizagem e ao uso dos objetos tangíveis.

Com relação às métricas de aprendizagem (ver Seção 4.4), considerando inicialmente objetos de aprendizagem do tipo questão de múltipla-escolha, foram acrescentadas informações relativas aos

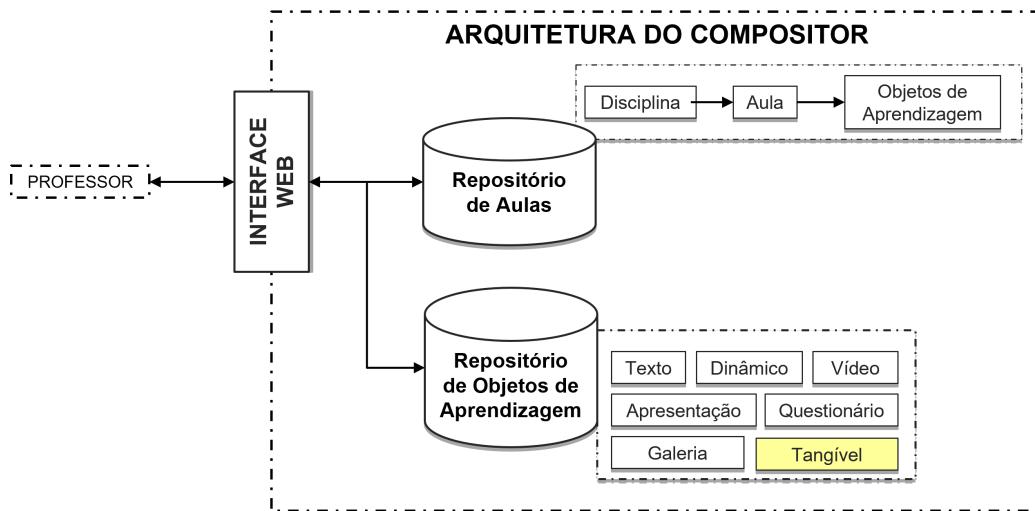


Figura 4.2: Composer: arquitetura básica

pesos das alternativas a serem escolhidas pelos alunos, além do tempo estimado pelo professor para que os alunos respondam a questão. Além disso, as informações relativas ao nível de dificuldade, previstas pelo IEEE-LOM e que são utilizadas na métrica de Nível de Compreensão, apresentada na Seção 4.4, foram adaptadas com base no trabalho de Biswas e Ghosh (2007), onde são considerados apenas os níveis ‘Fácil’, ‘Normal’ e ‘Difícil’.

Para elaboração de uma aula completa, conceitualmente, o módulo Composer aceita sete tipos de objetos de aprendizagem: (i) Galeria; (ii) Texto; (iii) Vídeo; (iv) Dinâmico; (v) Apresentação; (vi) Questionário; e, (vii) Tangível (Figura 4.2). Dos quais, os seis primeiros foram apresentados na dissertação de mestrado deste proponente (Leitão, 2017).

Desse modo, o objeto ‘Galeria’ corresponde a uma coleção de imagens, onde cada imagem é um objeto único no banco de dados e pode ser utilizada em diferentes galerias. O objeto ‘Texto’ armazena conteúdos textuais da aula, podendo ser usado para descrição de atividades a serem feitas pela turma ou ainda para simples adição de conteúdos de texto sobre o tema a ser estudado.

O objeto ‘Vídeo’ guarda informações relativas aos vídeos que serão exibidos durante uma aula, enquanto um objeto ‘Dinâmico’ prevê a inserção de objetos com algum nível de interação, tais como *applets* provenientes do Geogebra¹. O objeto ‘Apresentação’ corresponde aos *slides* provenientes de ferramentas de escritório, sendo que o compositor converte todos os *slides* em imagens, de modo a possibilitar a obtenção de informações mais precisas sobre a navegação do estudante neste tipo de objeto.

OA Questionário

O objeto de aprendizagem ‘Questionário’ é uma coleção de questões para verificação do aprendizado do aluno de acordo com as métricas apresentadas na Seção 4.4. Assim, como o objeto

¹Aplicativo de matemática que combina dinamicamente conceitos de geometria e álgebra em uma única interface do usuário.

Galeria, cada questão cadastrada é um único objeto de aprendizagem que pode ser reutilizado em outros questionários.

Ao criar uma questão, o autor do objeto deve inserir informações relativas ao ‘Índice de Dificuldade da Questão (IDQ)’, ‘Índice de Dificuldade do Conteúdo (IDC)’, ‘Tempo de Resposta do estudante’, que é o tempo máximo esperado que o estudante responda a questão, e ao ‘Peso’ de cada alternativa de resposta da Questão, que tem relação com a proximidade que uma alternativa está da resposta correta, isto é, quanto mais perto da resposta correta, maior o peso. A Figura 4.3 apresenta uma pré-visualização de um questionário no Compositor, onde é possível conferir esses elementos nos itens adicionados a um questionário.

Questão 2

Descrição: Questão para avaliar conhecimento sobre intervalo dos quadrantes

Dificuldade: Fácil

Tempo esperado (em segundos): 70s

Tópicos: **Quadrante no círculo trigonométrico**

Considere um ângulo β , tal que $0^\circ \leq \beta < 360^\circ$ e suas respectivas relações no círculo trigonométrico.

Considerando que: $\sin \beta > 0$ e que $\cos \beta > 0$, pode-se afirmar que este ângulo pertence a qual quadrante?

Resposta 1: 1º Quadrante

Peso: 4

Resposta 2: 2º Quadrante

Peso: 2

Resposta 3: 3º Quadrante

Peso: 1

Resposta 4: 4º Quadrante

Peso: 2

Resposta 5: 5º Quadrante

Peso: 0

Questão 3

Descrição: Questão para avaliar conhecimento sobre conversão de radianos para graus

Dificuldade: Médio

Tempo esperado (em segundos): 120s

Tópicos: **Radianos** **Graus**

Expresse em graus:

$$\frac{10\pi}{9}$$

Resposta 1: 1800°

Peso: 3

Resposta 2: 180°

Peso: 1

Resposta 3: 200°

Peso: 4

Resposta 4: 250°

Peso: 1

Resposta 5: 300°

Peso: 0

Figura 4.3: Compositor: Pré-visualização do Questionário

OA Tangível

Objetos Tangíveis de Aprendizagem (OTA) são manipulativos que contém, ao mesmo tempo, uma parte física e uma parte digital integradas entre si de modo que, ao ser criado no Compositor, cada OTA precisa ter componentes de ambas as partes devidamente instanciados e suas relações descritas.

Desse modo, será utilizado o conceito de objeto inteligente, apresentado na Seção 2.3.2 e definido por Serbanati *et al.* (2011), onde um objeto inteligente tem uma entidade digital e uma entidade física associadas através de um *proxy* digital (vide p. 18), de modo que o proxy digital atue como uma representação da entidade física no mundo digital. Além disso, Pires *et al.* (2015) afirmam que um modelo de entidade virtual precisa ter um identificador único e atributos com informações sobre a entidade virtual e associação com os serviços que permitem o acesso aos recursos dos dispositivos por parte da entidade.

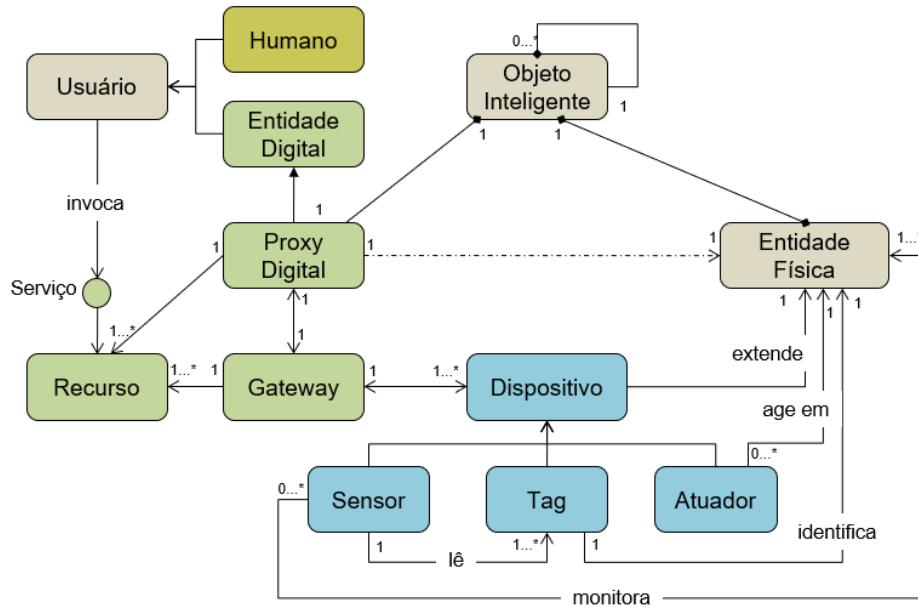


Figura 4.4: Modelo de Objeto Tangível de Aprendizagem proposto neste trabalho

Em vista disso, o modelo referencial de IoT apresentado por Serbanati *et al.* (2011) que define um objeto inteligente, seus atributos e relações foi adaptado conforme apresentado na Figura 4.4, e servirá de modelo para o objeto tangível de aprendizagem utilizado neste trabalho, de modo que um objeto tangível de aprendizagem proposto nestes termos contém quatro componentes principais: Dispositivos, *Gateway*, Recursos e Serviços.

Assim, Dispositivos são os componentes de *hardware* que funcionam como atuadores, TAGs e sensores e são utilizados na instrumentação do objeto de aprendizagem. O *Gateway* é um componente que garante o acesso aos Dispositivos e deve ser executado em um microcontrolador com capacidade de transmissão e recepção de pacotes de mensagens, de modo que a comunicação entre as entidades física e a virtual do objeto seja estabelecida através de um protocolo de troca de mensagens.

Recursos são componentes digitais que fazem referência às propriedades físicas e digitais do objeto, de modo que as informações de ambas as partes possam ser recuperadas ou modificadas. Assim, nesta proposta, a descrição dos Recursos corresponde a definição das variáveis de entrada e saída físicas e virtuais.

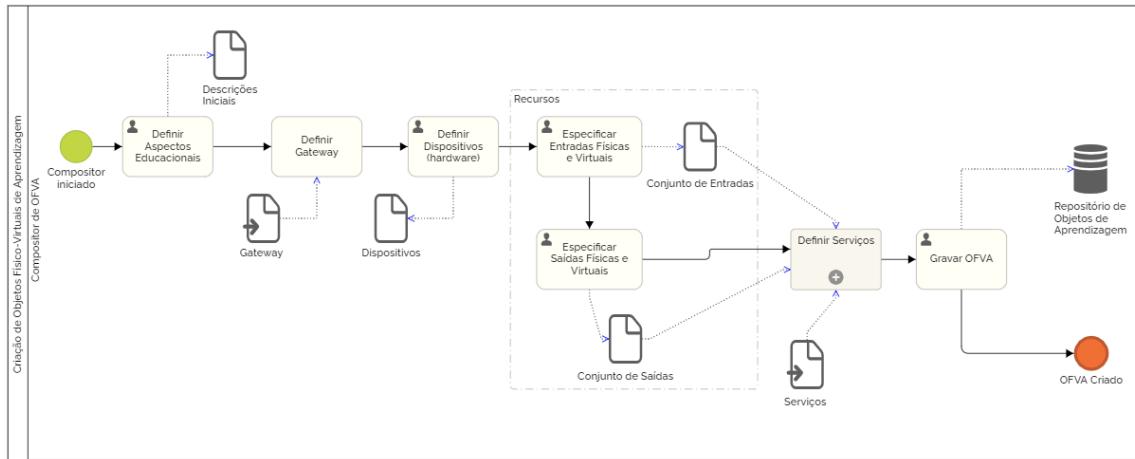


Figura 4.5: Modelo BPMN para Criação de OTAs vinculados a uma plataforma educacional

Além disso, é preciso que o compositor de objetos de aprendizagem seja capaz de integrar um manipulativo físico, instrumentado com sensores diversos, a um conjunto de páginas web que implementam um manipulativo virtual, com entradas e saídas equivalentes ao físico, de modo que o produto do processo seja um objeto com ambos os manipulativos físico e virtual integrados como um único objeto físico/digital de aprendizagem. Assim, o componente Serviços descreve e implementa as ações que estarão disponíveis ao usuário no Player (ver Seção 4.3) e que garantem ao estudante o acesso aos Recursos do OTA, de modo que são especificados tanto os componentes necessários à execução da entidade digital associada ao objeto físico (páginas web, componentes javascript) quanto quais entradas e saídas físicas e digitais serão utilizadas em cada caso de teste com suas respectivas regras de avaliação da aprendizagem e *feedback*, conforme o necessário (Figura 4.6).

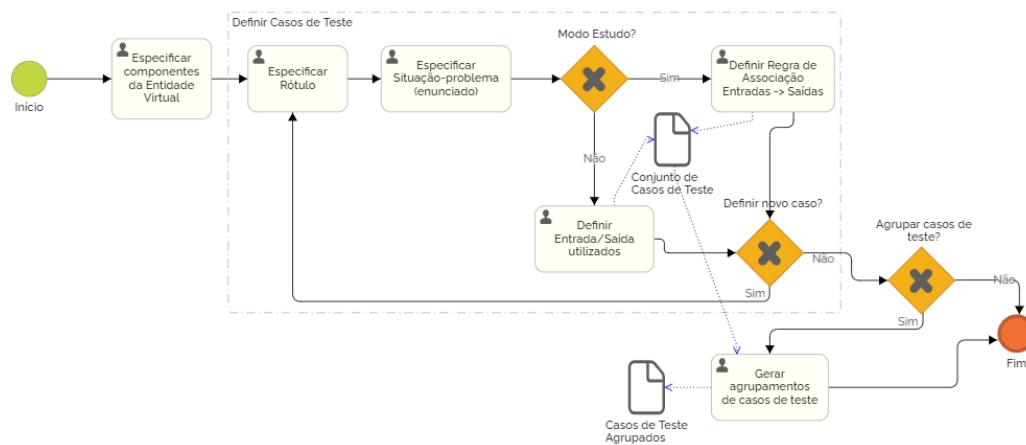


Figura 4.6: Subprocesso 'Definir Serviços'

É importante salientar que, no contexto deste trabalho, um caso de teste equivale uma situação-problema que pode ser instrumentada com parâmetros (regras) que permitam ao Player auxiliar o estudante no caminho de construção do conhecimento, de modo que ele possa corrigir as

sus respostas até que descubra a resposta correta ao utilizar o objeto tangível no **modo estudo**. Além disso, para que o objeto tangível seja utilizado para o acompanhamento/avaliação da aprendizagem, um caso de teste também precisa estar associado aos parâmetros das diversas métricas propostas neste trabalho (Seção 4.4).

A fim de formalizar esta proposta, diagramas de processos BPMN (*Business Process Model and Notation*) foram definidos de modo a orientar os passos para composição de um OTA. Assim, as Figuras 4.5 e 4.6 apresentam o modelo, onde o autor dos objetos de aprendizagem precisa definir: (i) aspectos educacionais do OTA; (ii) gateway; (iii) dispositivos (hardware); (iv) recursos (entradas e saídas físicas e virtuais) e (v) serviços (componentes digitais e casos de teste). A Tabela 4.1 detalha os atributos necessários para a construção de um objeto tangível de aprendizagem conforme o modelo proposto.

Tabela 4.1: Atributos de um Objeto Tangível de Aprendizagem

Atributo	Descrição
ID	Identificador único do OTA
Título	Nome do OTA
Descrição Geral	Descrição textual acerca do conteúdo do OTA
Descrição Educacional	Descrição acerca de como o OTA deve ser usado
Tópicos	Conceitos abordados pelo OTA
Modo	- Estudo : modo com <i>feedbacks</i> em tempo de interação do aluno com dicas sobre o tópico estudado e a posterior das métricas de aprendizagem; - Avaliação : modo apenas com <i>feedback</i> a posterior das métricas de aprendizagem
Gateway	Código-fonte a ser executado em um microcontrolador
Dispositivos	Sensores, tags ou atuadores que compõem o OTA
Recursos	Conjuntos de Entradas e Saídas Físicas e Digitais com rótulos, tipos de dado e valores
Serviços	- Componentes Digitais da Entidade Virtual (páginas web, javascripts,...); - Casos de Teste : Situações-problema a serem resolvidas pelos estudantes com fins de acompanhamento/verificação da aprendizagem. É necessário indicar os parâmetros das métricas de avaliação propostas neste trabalho (níveis de dificuldade, pesos, tempo...).

Adicionalmente, o Compositor de OTA utiliza uma linguagem de programação em blocos baseada na biblioteca Blockly (Developers, 2022) para definição das Entradas e Saídas e das regras dos Casos de Teste (Figura 4.7). Tais elementos serão utilizados pela plataforma para comunicação e respostas do servidor às ações dos estudantes na parte virtual, inclusive com relação às respostas esperadas para as situações-problema definidas pelo autor do objeto de aprendizagem, uma vez que Blockly permite a tradução da lógica dos blocos para outras linguagens de programação como JavaScript (Figura 4.7), PHP e Python.

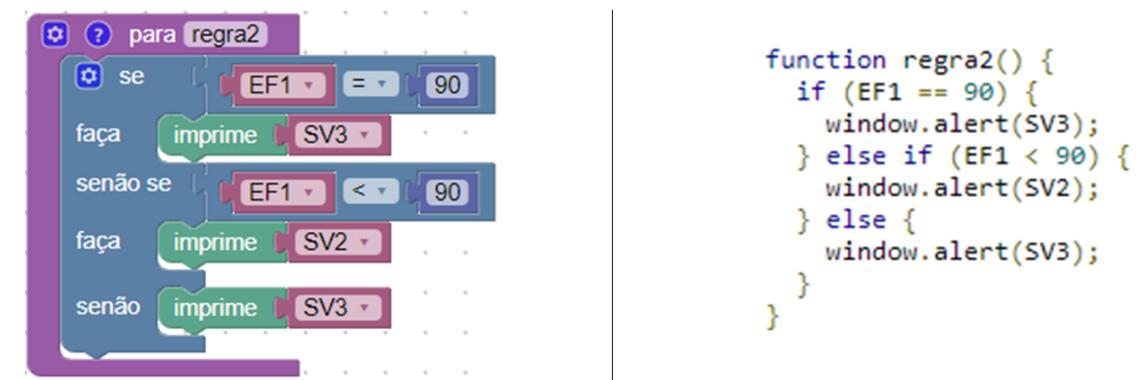


Figura 4.7: Exemplo de definição de regra para caso de teste e sua tradução para linguagem JavaScript

Além disso, é importante ressaltar que, ao desafio de modelar e padronizar os objetos tangíveis de aprendizagem, acrescentam-se: (i) a demanda por uma descrição adequada dos seus metadados de modo a facilitar não apenas a criação de repositórios, mas, a recomendação e o reuso desses tipos de objetos; e, (ii) a necessidade de estabelecer critérios de avaliação e verificação do aprendizado de maneira automática.

Padrão de Metadados

Com relação a descrição dos metadados, após estudar alguns dos padrões existentes como Dublin Core, IEEE-LOM e OBAA, optou-se pelo último, que é derivado do padrão IEEE-LOM. Essa opção foi feita pelo fato do OBAA ser um padrão brasileiro presente implementado em importantes repositórios de objetos de aprendizagem nacionais, além de oferecer suporte a mídias de diferentes plataformas, dentre elas, TV Digital, Web e Móveis, ter descritores educacionais com uma base epistemológica interacionista e descritores de acessibilidade (Vicari *et al.*, 2009).

Assim, inicialmente, foi escolhido o perfil compatível ideal com o OBAA denominado “PM-OBAA-FULL”. Entretanto, para melhor descrição dos objetos de aprendizagem que estamos usando, alguns dos descritores fora do perfil ideal padrão foram utilizados. A tabela do Apêndice A apresenta os descritores atualmente utilizados.

4.2 Servidor

É o módulo que cria uma sala de aula virtual, gerencia as trocas de mensagens entre os dispositivos dos estudantes e do professor, além de consolidar os dados para análise de acordo com as métricas de aprendizagem propostas. Com a adição dos objetos tangíveis de aprendizagem, o Servidor também tratará os dados provenientes da interação dos estudantes com ambas as partes física e digital do objeto, além de disponibilizar acesso aos recursos virtuais do OTA.

Inicialmente, o professor disponibiliza através do Servidor a aula a ser ministrada juntamente com as informações da turma que terá aula (por exemplo: nome, matrícula, senha,...). Esse

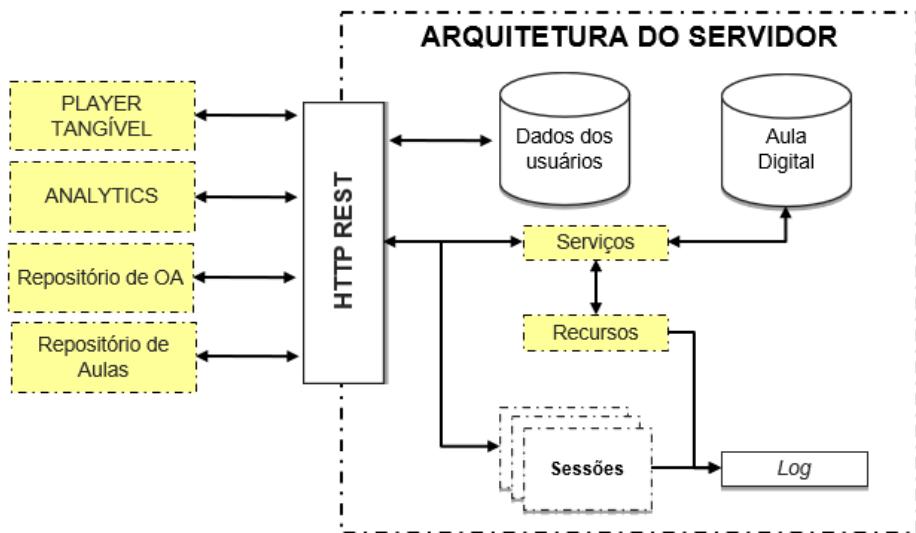


Figura 4.8: Arquitetura do Servidor

carregamento é necessário pois, por decisão de projeto, a plataforma foi implementada de modo a levar em consideração que o acesso à internet em escolas periféricas brasileiras pode ser restrito ou inexistente e, no caso amazônico, essas escolas também podem estar situadas em municípios interioranos ou comunidades ribeirinhas. Dessa forma, o protótipo de servidor que gerencia a aula contendo o objeto tangível implementado neste trabalho provê a condução da aula sem uma conexão com a internet.

Após o carregamento da aula e das turmas relacionadas, uma sessão é criada para cada aluno que se conecta ao Servidor e, além disso, o conteúdo da aula é disponibilizado via *streaming* para cada dispositivo conectado de acordo com as requisições HTTP Rest executadas. Desse modo, o Servidor terá uma tripla finalidade: (i) gerenciar as conexões dos alunos com a finalidade de coletar dados e armazenar *logs* de interação dos estudantes com o material didático; (ii) prover acesso às possíveis notificações e recomendações pedagógicas; e, (iii) prover acesso aos recursos dos objetos de aprendizagem.

A Figura 4.8 destaca em amarelo as modificações feitas na estrutura do servidor em relação ao proposto originalmente por Leitão (2017), em especial os acréscimos necessários para que o mesmo trabalhe com objetos tangíveis de aprendizagem. Desse modo, podemos observar um novo componente correspondente aos “Recursos”, que é responsável por referenciar as entradas e saídas físicas e digitais do objeto com o objetivo de armazenar essas interações no log. O segundo componente adicionado corresponde aos “Serviços” disponibilizados pelo Player e que estão armazenados no banco de dados, tais serviços correspondem ao conteúdo dos objetos (ie: páginas web, códigos em javascript que proveem o *feedback* do modo estudo).

Por fim, pode-se notar que a comunicação com os módulos Analytics, o novo Player Tangível e os repositórios de objetos de aprendizagem e de aulas acontece via HTTP Rest.

4.3 Player Tangível

O Player apresentado por Leitão (2017), é definido como um conjunto de páginas web contendo todo o material didático de uma aula a ser ministrada, de modo que tais páginas são executadas em um navegador de internet, através do qual acontece a interação do estudante com o conteúdo educacional. O Player Tangível expande esse conceito de modo que o novo *player* conta com uma interface física (manipulativo físico instrumentado com sensores) cuja interação do aluno reflete na sua respectiva interface digital.

Assim, enquanto o Player tradicional possui duas partes principais (Figura 4.9): (i) Aula Digital; (ii) Coletor de Dados; onde, a ‘Aula Digital’ é o material didático baseado em web e o ‘Coletor de Dados’ é um rastreador que coleta os cliques dos alunos. O conceito de Player Tangível acrescenta uma terceira parte relacionada a ‘entidade física’ que é integrada a sua respectiva contraparte ‘entidade digital’ através do *Gateway*.

Assim, o que para Leitão (2017) corresponde a aula digital provendo os diversos objetos de aprendizagem tradicionais (questionários, slides, vídeos,...), neste trabalho, o mesmo componente provê também a entidade digital do objeto tangível, correspondendo assim ao *proxy digital* do objeto físico/digital. Ademais, na entidade física, pode-se notar a presença dos componentes ‘Dispositivos’, ‘Gateway’ e ‘Recursos’ definidos no modelo proposto de um objeto tangível (Figura 4.4) conforme a proposta deste trabalho. O componente ‘Serviços’ serve de ponte para ambas as interfaces física e digital de modo que as entradas físicas e digitais correspondentes e o conteúdo educacional sejam acessados pelos estudantes.

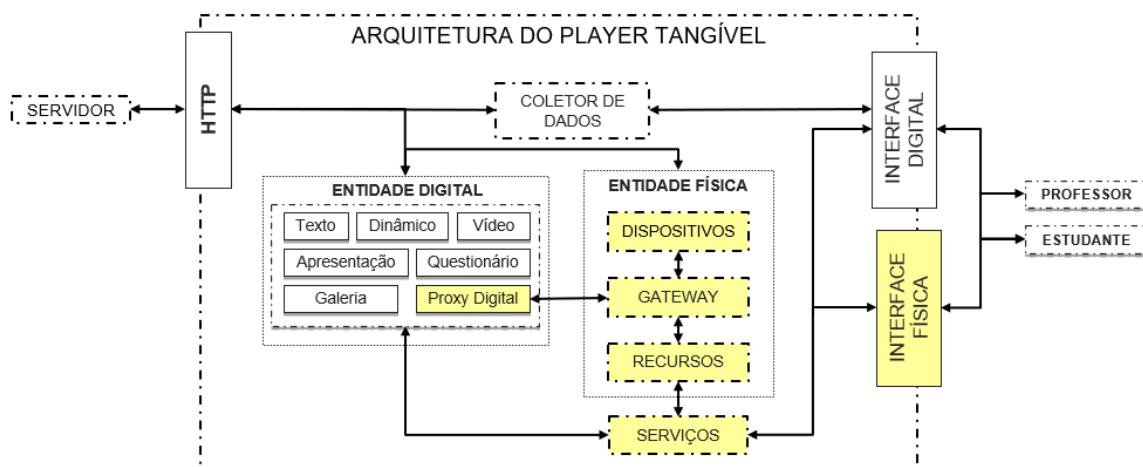


Figura 4.9: Arquitetura do Player Tangível

Assim, a proposta de Player Tangível apresentada neste trabalho conta com duas interfaces de comunicação com o usuário (professores ou estudantes), uma baseada em web e outra baseada em manipulativo físico. A interface digital permite a entrega do conteúdo educacional digital em praticamente qualquer dispositivo e plataforma sem necessidade de instalação de *softwares* adicionais. Essa característica possibilita grande portabilidade dessa parte do sistema e, por conseguinte, baixo custo de implantação, visto que cada aluno pode, por exemplo, usar seu próprio

dispositivo móvel durante a aula. Essa abordagem visa não apenas inserir definitivamente as novas tecnologias em sala de aula, mas, tirar proveito dos recursos que os estudantes trazem consigo, além de tentar aumentar o nível de engajamento do estudante em uma aula.

Por fim, é importante notar que a interface física está atrelada ao manipulativo físico utilizado, o qual deve possuir um conjunto de dados que o descrevam, incluindo informações acerca dos sensores utilizados, dos formatos de dados e das ações executadas como resposta às interações dos estudantes (conforme especificado nas regras dos casos de teste). Assim como os outros objetos de aprendizagem, os OTA também tem seus dados de interação coletados pelo sistema com a finalidade de viabilizar uma análise inteligente da aprendizagem que permita extrair conhecimentos sobre o comportamento e o desempenho dos estudantes para, no futuro, propor recursos ou estratégias educacionais que colaborem efetivamente na melhoria da aprendizagem.

4.3.1 Processo de conexão entre as entidades física e digital

Em termos de ferramenta, propomos a utilização do protocolo *WebSocket* de modo a tornar a comunicação em tempo real mais eficiente, onde o *Gateway* apresentado no Modelo de Referência (Figura 4.4) como elemento de integração entre as entidades física e digital foi implementado, nesta proposta de Tese, como um servidor *WebSocket* (ver Subseção 4.5.2).

Além disso, como parte da formalização desta proposta, para o processo de troca de mensagens com o *Gateway*, foi escolhido o formato *JSON* de modo a garantir que maior compatibilidade entre as partes física e digital, de modo que a Tabela 4.2 apresenta uma descrição inicial dos principais campos utilizados no formato definido, que serão detalhados no decorrer desta seção.

Tabela 4.2: Campos para troca de mensagens entre as entidades do Player Tangível

Campo	Tipo	Descrição	Observação
type	string	Tipo da mensagem	Obrigatório
action	string	Ação a ser realizada	Obrigatório
data	object	Informação específica de cada mensagem	Opcional
error	object	Detalhes do erro	Opcional

A Listagem 1 apresenta um exemplo inicial de modelo para o formato *JSON* a ser utilizado nas mensagens trocadas, note-se que alguns dos campos possuem subcampos que especificam mais informações.

Conexão via *WebSocket* e preparação para pareamento

O passo inicial para o pareamento entre as entidades física e virtual é o estabelecimento de uma conexão via *websocket*, por onde todas as mensagens no formato *JSON* serão trocadas. Assim, a Figura 4.10 apresenta o diagrama de sequência que ilustra esse processo, onde pode-se notar que, após o estudante inserir o número identificador único da entidade física (*URI*) na parte virtual do Player Tangível, as mensagens seguintes estabelecem primeiro um canal *websocket* e, em seguida,

```

1  ^^I^^I{
2  ^^I^^I^^I"type": "connection",
3  ^^I^^I^^I"action": "connect",
4  ^^I^^I^^I"data": {
5  ^^I^^I^^I^^I"connected": false,
6  ^^I^^I^^I},
7  ^^I^^I^^I"error": {
8  ^^I^^I^^I^^I"code": 1,
9  ^^I^^I^^I^^I"message": "J^c3^a1 existe um usu^c3^a1rio conectado"
10 ^^I^^I}
11 }

```

Código-fonte 1: Exemplo de mensagem JSON

é feita uma primeira troca de mensagens para verificação da possibilidade de pareamento entre as entidades.

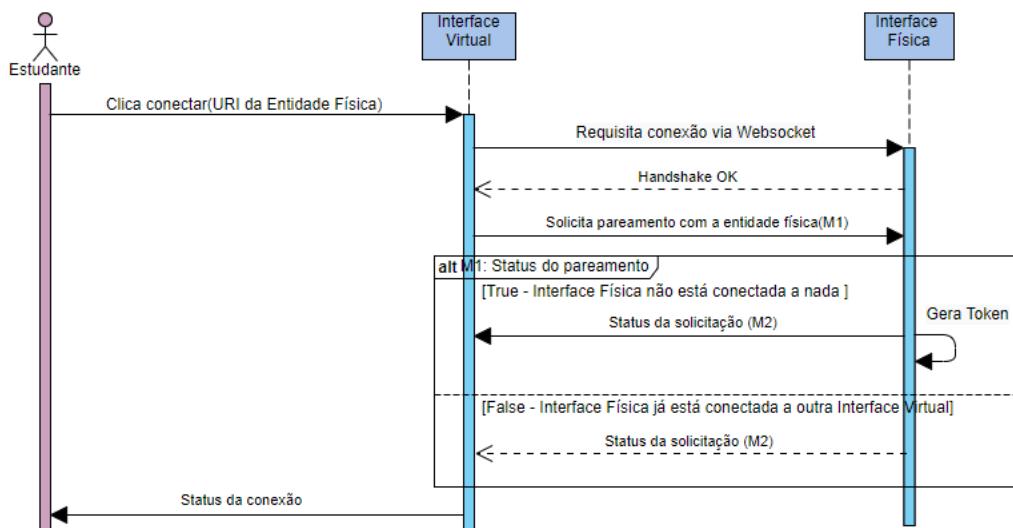


Figura 4.10: Diagrama de Sequência - Conexão Websocket

É importante notar que após a confirmação do *handshake*, a interface virtual envia automaticamente a mensagem *M1* de solicitação de pareamento (Tabela 4.3), obtendo como resposta a mensagem *M2*, que pode ser tanto de confirmação quanto de recusa da solicitação.

Tabela 4.3: Mensagem de solicitação de pareamento

Mensagem	Descrição		
M1	Solicitar pareamento		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>connection</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>connect</i>	

Uma mensagem de confirmação permite o prosseguimento do processo de pareamento, de modo que a interface física gera um número de *token* que deve ser informado em até 30 segundos através da interface virtual.

Tabela 4.4: Mensagens de solicitação e de status da solicitação de pareamento

Mensagem	Descrição		
M2	Status da solicitação		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>connection</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>connect</i>	
<i>data.connected</i>	<i>boolean</i>	<i>true false</i>	Solicitação recebida com sucesso Erro no pareamento
<i>data.expires_in</i>	<i>integer</i>	30	Tempo de espera para recebimento do Token
<i>error.code</i>	<i>integer</i>	1	
<i>error.message</i>	<i>string</i>	Já existe um usuário conectado	Só é permitida uma conexão por dispositivo físico

Já uma mensagem de recusa de pareamento por parte da entidade física encerra o processo com o código de erro ‘1’ e a mensagem ‘Já existe um usuário conectado’, uma vez que uma entidade física só pode se conectar a uma única entidade virtual.

Mensagens relativas ao pareamento

Quando a interface virtual recebe um *status* de confirmação da solicitação (*M2* é verdadeiro), então, o usuário tem trinta segundos para inserir na interface virtual e enviar o *token* aleatório que aparece na tela da interface física. Assim, a validação do *token* é solicitada através da mensagem *M3*, que é enviada pela interface virtual para a parte física (vide Figura 4.11 e Tabela 4.5).

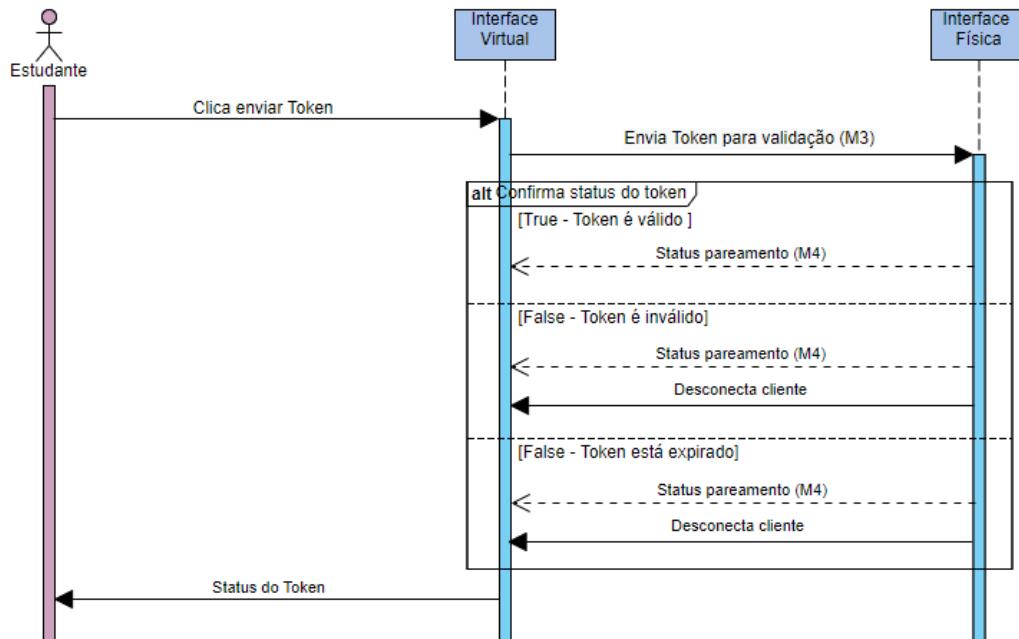


Figura 4.11: Diagrama de Sequência para Pareamento

A mensagem *M4* ocorre quando a entidade física retorna o status do pareamento para a entidade virtual. Essa mensagem pode ser de confirmação (*true*) ou de recusa de pareamento (*false*), conforme ilustrado na Figura 4.11. Em caso de confirmação, o status do token para o usuário é dado pela atualização da interface virtual de modo que a entidade virtual se torna visível e passa a exibir a mesma aparência e posição dos elementos da entidade física.

Tabela 4.5: Solicitação de validação do *token*

Mensagem	Descrição		
M3	Envia Token para validação		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>connection</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>token</i>	
<i>data.token</i>	<i>string</i>	Token informado pelo usuário	

Caso ocorra recusa no pareamento por parte da entidade física, a mensagem *M4* retorna um dos erros especificados na Tabela 4.6. De modo que, o erro ‘2’ corresponde a mensagem de que o token informado é inválido por não ser igual ao token mostrado na tela da entidade física e, o erro ‘3’ é relativo ao fato de que o tempo de validade do token expirou. Para o segundo caso, é gerado um novo token com um novo tempo de validade.

Tabela 4.6: Mensagem para validação do *token*

Mensagem	Descrição		
M4	Status do pareamento		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>connection</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>token</i>	
<i>data.is_valid_token</i>	<i>boolean</i>	<i>true false</i>	True: Token é válido. False: Token informado é inválido ou o tempo de validação expirou (erro é detalhado)
<i>error.code</i>	<i>integer</i>	2 3	2: Token inválido 3: Token expirado
<i>error.message</i>	<i>string</i>	2: Token inválido 3: Token expirado	2: O token enviado pelo virtual não coincide com o gerado pelo físico. 3: O tempo para validação do token expirou. É necessário gerar um novo.

Envio de Dados

Com o estabelecimento da conexão entre as entidades física e virtual, qualquer manipulação captada pelos sensores presentes no artefato físico deve refletir na sua respectiva contraparte virtual, de modo que, a partir deste momento, todas as mensagens enviadas da parte física para a virtual são relativas a atualização das posições do manipulativo físico e correspondem às entradas

físicas definidas no projeto do objeto tangível, de modo que a mensagem *M5* é encarregada de transmitir estas informações utilizando os campos constantes na Tabela 4.7.

Tabela 4.7: Mensagem para envio de dados da entrada física

Mensagem		Descrição	
<i>M5</i>		Envia dados	
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>physical</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>message</i>	
<i>data.input</i>	<i>string</i>	Nome da entrada física	
<i>data.value</i>	<i>integer float</i>	Dado enviado	Este campo pode assumir diversos tipos de acordo com a necessidade

Do mesmo modo, eventuais manipulações na entidade virtual também devem ser refletidas na sua contraparte física (através de atuadores), se essas manipulações virtuais estiverem previstas na concepção do objeto tangível. A Tabela 4.8 apresenta os campos que devem constar na mensagem *M6*, responsável por essa troca de informações.

Tabela 4.8: Mensagem para envio de dados para a saída física

Mensagem		Descrição	
<i>M6</i>		Envia dados	
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>physical</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>message</i>	
<i>data.output</i>	<i>string</i>	Nome da saída física	
<i>data.value</i>	<i>integer float</i>	Dado enviado	Este campo pode assumir diversos tipos de acordo com a necessidade

Eventualmente, pode ser requisitado que o estudante não apenas manipule a parte física, mas, além disso, envia uma mensagem indicando que cessou a manipulação. Nesses casos, a mensagem *M6* é enviada pela entidade física conforme o especificado na Tabela 4.9.

Por fim, o diagrama de sequência da Figura 4.12 ilustra os três tipos de mensagens que podem ser enviadas durante este processo de envio de dados. É importante notar que o estudante é representado em ambas as pontas do diagrama, ora interagindo com a interface física, ora com a virtual.

Mensagens de reconexão e desconexão

Durante uma aula, o estudante pode transitar entre diferentes objetos de aprendizagem, de modo que é necessário prever que, em caso de saída da interface virtual para acessar outro objeto (i.e: uma apresentação ou um questionário) e um eventual retorno a mesma interface, embora a conexão via websocket seja mantida, o navegador web precisa garantir que ambas as entidades (física e virtual) estão corretamente pareadas.

Tabela 4.9: Mensagem para envio de resposta

Mensagem	Descrição		
M7	Envia resposta		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>physical</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>message</i>	
<i>data.input</i>	<i>string</i>	Nome da entrada física	
<i>data.value</i>	<i>integer float</i>	Dado enviado	Este campo pode assumir diversos tipos de acordo com a necessidade
<i>data.confirm</i>	<i>boolean</i>	True	Confirma que é uma mensagem de resposta e não de atualização de posição

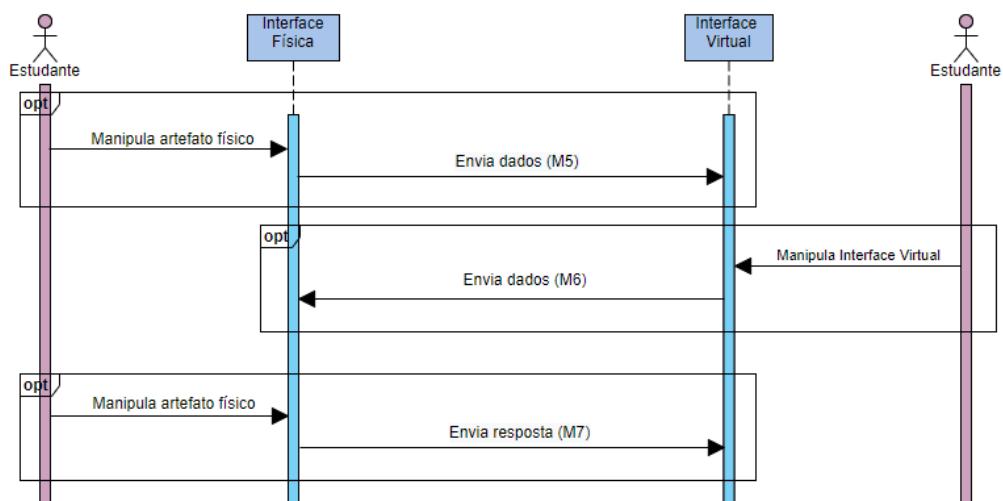


Figura 4.12: Diagrama de Sequência para envio de dados

Assim, a interface física pode requisitar uma reconexão através da mensagem *M8*, conforme os campos apresentados na Tabela 4.10, onde nota-se que o conteúdo do campo *data.token* desta mensagem contém o último *token* inserido pelo usuário. Esse procedimento acontece para que a entidade física consiga reconhecer a virtual sem a necessidade de o usuário inserir um novo token a cada vez que precise utilizar outro objeto de aprendizagem.

Tabela 4.10: Mensagem para solicitação de reconexão

Mensagem	Descrição		
M8	Solicita reconexão		
Campo	Tipo	Valor	Observação
<i>type</i>	<i>string</i>	<i>connection</i>	
<i>action</i>	<i>string</i>	<i>reconnect</i>	
<i>data.token</i>	<i>string</i>	Último token guardado	Reenvia o último token utilizado

A Figura 4.13 indica que a solicitação de reconexão feita pela entidade virtual deve ser respondida pela entidade física através de uma mensagem *M4*, de modo que o comportamento da interface virtual seja o mesmo de quando do estabelecimento de uma nova conexão, isto é, o status de confirmação do token faz com que a entidade virtual apareça para o usuário e seja automaticamente atualizada com os dados de posição provenientes da entidade física.

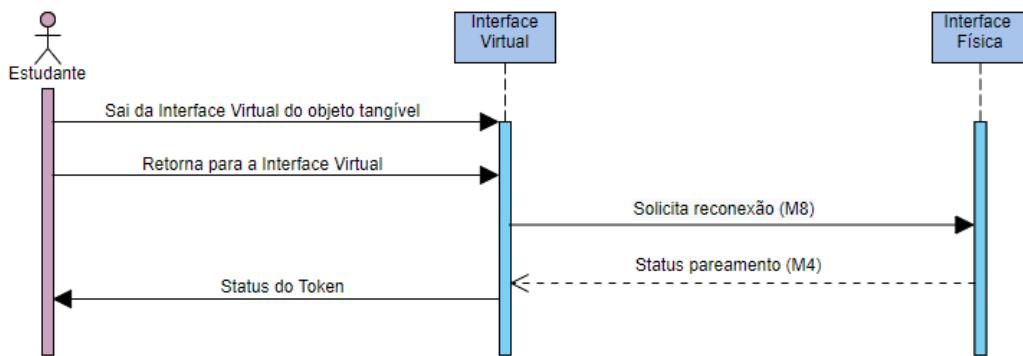


Figura 4.13: Diagrama de Sequência para reconexão

Por fim, a última mensagem definida é a de desconexão (Tabela 4.11) e deve ocorrer quando um usuário solicita a saída (*logout*) do ambiente tangível de aprendizagem, encerrando sua participação na aula.

Tabela 4.11: Mensagem para solicitação de desconexão

Mensagem		Descrição		
M9		Solicita desconexão		
Campo	Tipo	Valor	Observação	
<i>type</i>	string	<i>connection</i>		
<i>action</i>	string	<i>disconnect</i>		

4.4 Analíticos

Neste trabalho, *Analíticos* é a parte do sistema que utiliza os dados de interação dos estudantes com o ambiente de aprendizagem para calcular métricas que sirvam tanto para avaliar e acompanhar a aprendizagem quanto para gerar análises de dificuldades e necessidades dos estudantes. Desse modo, este trabalho propõe a adoção de oito métricas para medir tanto a interação do estudante com o material didático quanto o seu desempenho em atividades educacionais. Além disso, algumas dessas métricas são baseadas no trabalho de Biswas e Ghosh (2007) e uma delas é exatamente o modo tradicional de calcular a pontuação de um estudante, isto é, baseando-se apenas nos seus acertos e erros.

Estas métricas podem ser divididas em duas partes: (i) cinco métricas independentes (Nota Tradicional, Nota Ponderada, Dúvida da Questão, Grau de Assertividade, Tempo de Resposta); e (ii) três métricas baseadas na composição de outras métricas (Prioridade, Nível de Compreensão da Questão, Nível de Compreensão).

4.4.1 Métricas Independentes

O conjunto das métricas de avaliação da aprendizagem apresentadas nesta subseção corresponde aquelas que podem ser consideradas isoladas, no sentido de que não dependem de um cálculo anterior de outras métricas.

4.4.1.1 Nota Tradicional

É a métrica mais comum para calcular a pontuação de um aluno, sendo uma medida de precisão entre a quantidade de respostas corretas (rc) e o número total de questões (n). Dessa métrica, podemos definir a taxa de erro como o complemento da **Nota Tradicional (NT)** por $e = 1 - NT$. A pontuação e o erro tradicionais são normalizados no intervalo $[0, 1]$, mas, costuma-se apresentar a pontuação no intervalo $[0, 10]$, conforme a Equação 4.1.

$$NT = 10 \cdot \frac{rc}{n} \quad (4.1)$$

Como exemplo, podemos considerar um questionário de seis questões, onde um estudante que acerta todas as seis questões, pela Equação 4.1, obtém uma pontuação igual a “10” e um estudante que responde corretamente apenas cinco questões, obtém “8,33”.

Neste trabalho, argumentamos que a Nota Tradicional não é suficiente para avaliar corretamente o desempenho do aluno, de modo que, nas Seções 3.3.3 e 3.3.4 expusemos algumas métricas encontradas na literatura para avaliar o grau de conhecimento do aluno e produzir uma pontuação.

Assim, nas próximas subseções, proporemos oito novas métricas para avaliação de estudantes em ambientes de aprendizagem apoiados por tecnologia e que podem ser aproveitadas para uso em diversos tipos de objetos de aprendizagem, dentre eles, os objetos físico-virtuais propostos neste trabalho.

4.4.1.2 Nota Ponderada

Nota Ponderada (NP) é outra pontuação que pode ser apresentada no intervalo $[0, 10]$, mas, que é baseada no peso (p_i) de cada resposta selecionada e na pontuação ponderada máxima (pmp). A Equação 4.2 mostra a fórmula NP , onde o valor do peso das respostas de cada questão (p_i) é um número inteiro de 0 a 4, onde 0 significa resposta totalmente errada, 4 significa resposta totalmente correta e os outros são respostas intermediárias (veja Tabela 4.12). A pontuação máxima ponderada (pmp) é simplesmente a quantidade total de perguntas no questionário (n) multiplicada por 4.

$$NP = 10 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{pmp} \quad (4.2)$$

Tabela 4.12: Pesos das respostas - p

Peso	Não tem ideia	Abaixo do Meio	Meio	Quase correto	Correto
Valor	0	1	2	3	4

onde

p_i é proveniente da Tabela 4.12;

$ppm = n \cdot 4$; e

n é o total de questões no questionário.

A Tabela 4.13 será usada como exemplo para explicar algumas métricas propostas neste trabalho. Ela mostra as notas de um aluno de acordo com os pesos das opções de resposta selecionadas em duas disciplinas. Além disso, as questões na cor verde correspondem aos verdadeiros positivos (acertos) e as questões em vermelho correspondem às respondidas incorretamente.

Tabela 4.13: Notas do Estudante

DISCIPLINA “A”							
$n = 6; pmp=24$	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Total
p_j	4	3	4	2	4	4	21
DISCIPLINA “B”							
$n = 6; pmp=24$	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Total
p_j	3	3	3	3	3	4	19

No caso da disciplina “A”, o estudante errou as questões Q2 e Q4, de modo que, pela Nota Tradicional, a nota do aluno é

$$TS = 10 \cdot \frac{4}{6} = 6,67$$

No entanto, usando a Nota Ponderada, o aluno não perdeu totalmente todas as respostas visto que todos os pesos (p_i) são maiores do que 0. Assim, aplicando a Equação 4.2, temos:

$$NP = 10 \cdot \frac{4 + 3 + 4 + 2 + 4 + 4}{24} = 8,75$$

Vale ressaltar que, enquanto a Nota Tradicional (NT) é 6,67, a Nota Ponderada é 8,75. Portanto, a métrica NP pode ser uma opção melhor para avaliar a aprendizagem do aluno quando comparada à Nota Tradicional, uma vez que as respostas para o Q2 e Q4 não estão totalmente erradas.

No caso da disciplina “B”, o estudante errou as questões Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5. Assim, usando a Nota Tradicional, a nota do aluno é:

$$NT = \frac{1}{6} = 1,67$$

No entanto, usando a Nota Ponderada, o aluno tem:

$$NP = 10 \cdot \frac{3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 4}{24} = 7,92$$

Nesse segundo caso, a diferença entre NP e NT é bem mais evidente.

4.4.1.3 Dúvida da Questão

Dúvida da Questão (DQ) refere-se ao número de vezes que o aluno retorna à mesma pergunta e altera a resposta dada, sendo calculada pela Equação 4.3, onde o valor “m” representa essas alterações.

Por exemplo, se em uma questão de múltipla escolha um aluno marcou uma resposta e, depois disso, alterou essa resposta marcando outra alternativa qualquer, o valor de “m” é 2 e a Dúvida da Questão (DQ) é “1”.

$$DQ = \sum_{i=1}^{m-1} 1, m \geq 0 \quad (4.3)$$

Além disso, se o estudante não fez nenhuma alteração na resposta, DQ deve ser 0. Entretanto, se ele não marcar nenhuma resposta, o DQ desta questão será igual a -1. Isso nos permite separar as perguntas respondidas das não respondidas.

Tabela 4.14: Marcações

Estudantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Estudante 1	0	1	0	1	1	1
Estudante 2	1	1	1	1	1	1
Estudante 3	2	4	5	6	8	1
Estudante 4	9	8	6	6	7	9

As Tabelas 4.14 e 4.15 apresentam uma amostra das “Marcações” e “Dúvidas da Questão” para um questionário com seis perguntas, onde pode ser verificada a aplicação da Equação 4.3 para dados de quatro alunos. Nessas tabelas, podemos ver que o Estudante 1 não marcou as perguntas Q1 e Q3; O Estudante 2 marcou apenas uma vez todas as perguntas; e o Estudante 4 marcou 9 vezes as perguntas Q1 e Q6.

Tabela 4.15: Dúvidas das Questões

Estudantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
Estudante 1	-1	0	-1	0	0	0
Estudante 2	0	0	0	0	0	0
Estudante 3	1	3	4	5	7	0
Estudante 4	8	7	5	5	6	8

Além disso, para facilitar a visualização dos dados pelo professor, a métrica Dúvida da Questão pode ser expressa como um gráfico de barras (Figura 4.14).

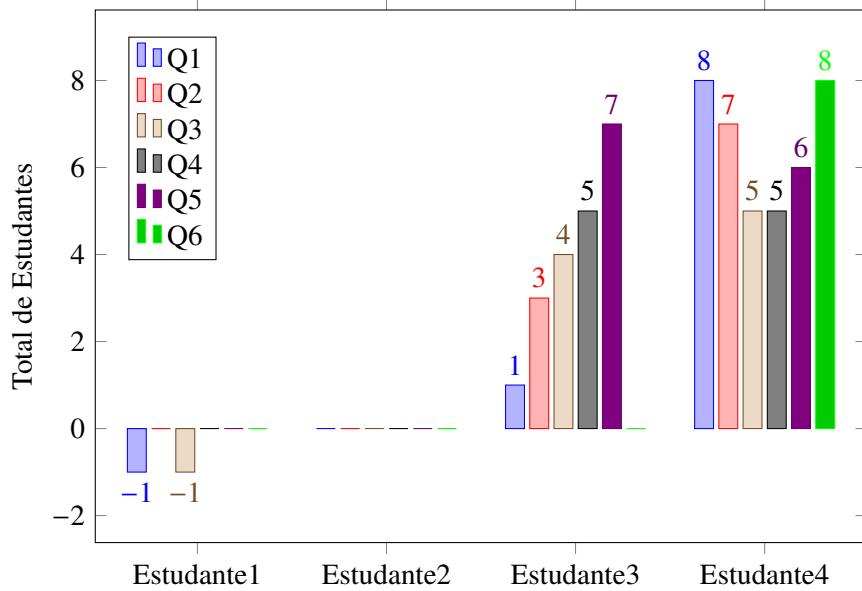


Figura 4.14: Dúvida da Questão

4.4.1.4 Grau de Assertividade

Grau de Assertividade (A) é uma medida sobre a autoconfiança de um aluno ao responder a um conjunto de perguntas (que pode ser um questionário ou partes dele) com base na relação entre o número total de respostas corretas (rc - consulte a Seção 4.4.1.1) e o somatório das marcações de resposta (m_i) em cada pergunta de um conjunto com n questões. A Equação 4.4 expressa a fórmula A do grau de assertividade.

$$A = \frac{rc}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (4.4)$$

Por exemplo, dado um questionário de múltipla escolha, com três respostas possíveis, se um aluno escolheu a primeira alternativa, alterou sua resposta para a segunda alternativa e, depois, mudou novamente para a terceira alternativa antes de enviar a decisão final, podemos inferir que esse aluno não tinha certeza sobre sua escolha final. Isso pode ocorrer porque o aluno está confuso sobre os conceitos ou tem capacidade de autocorreção. No entanto, combinando A com NT (Nota Tradicional - ver Seção 4.4.1.1) ou NCP (Nível de Compreensão do Questionário - ver Seção 4.4.2.3), podemos observar os diferentes comportamentos dos alunos e, possivelmente, detectar quem teve mais dificuldades.

Além disso, existem alguns casos extremos a serem analisados para entender o potencial da assertividade (A). No primeiro caso, suponha que um aluno nunca mude suas respostas originais e obtenha a pontuação máxima ($rc = n$); portanto, seu “grau de assertividade” também é o *máximo* ($A = 1$ ou $A = 100\%$). O segundo caso ocorre quando o aluno nunca muda suas respostas, mas todas estão erradas, indicando que ele interpretou os conceitos de uma maneira muito errada ($rc \approx 0$ ou $rc \ll n$); nesse caso, A é mínimo ($A \approx 0$ ou $A \approx 0\%$). Finalmente, o terceiro caso

caracteriza um comportamento menos problemático, em que o aluno altera suas respostas várias vezes ($\sum m_i > n$), mas a pontuação final mais próxima do máximo ($rc \approx n$), indicando capacidade de autocorreção ($0 \ll A < 1$). Esses casos ilustram as principais diferenças entre a análise simples da Nota Tradicional e o novo Grau de Assertividade.

4.4.1.5 Tempo de Resposta

Esta métrica calcula o tempo total que um estudante precisou para resolver cada questão ou um conjunto de questões (Figura 4.15). A quantidade de tempo gasto na resolução de determinada questão pode dar indícios de que o estudante não compreendeu bem o assunto avaliado, a questão contém um nível de dificuldade muito elevado ou precisaria ser reformulada.

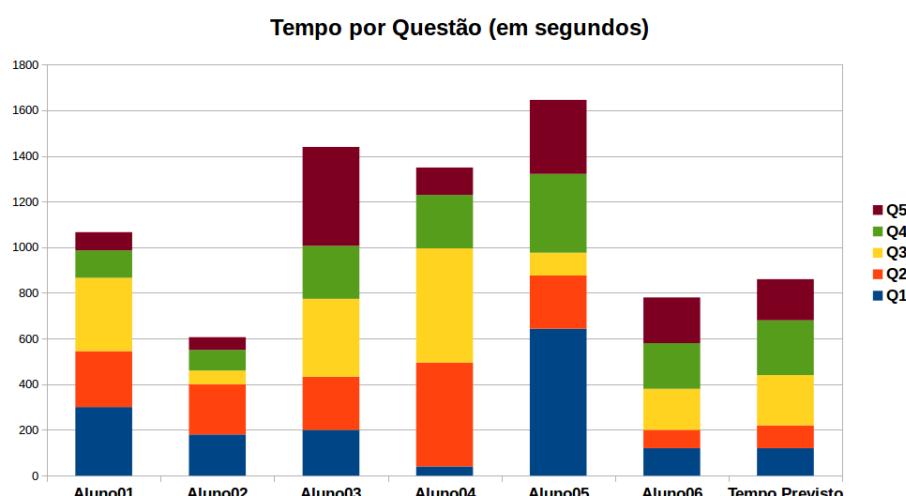


Figura 4.15: Exemplo do ‘Tempo de Resposta’ de um Questionário (em segundos)

Na Figura 4.15, pode-se ainda realizar uma comparação entre o tempo de resposta de cada estudante com o estimado pelo professor no Compositor (veja Seção 4.1).

A medida do tempo de resposta do aluno ou da turma em uma questão (ou questionário) pode ser cruzada com o “Grau de Assertividade” (Seção 4.4.1.4), o que pode ajudar a visualizar a necessidade de maior reforço em algum conteúdo já estudado ou alguma recomendação de modificação da questão/questionário em si. Por exemplo, um baixo grau de assertividade da turma em uma determinada questão (classificada como ‘Fácil’ pelo professor no Compositor) associada a um elevado tempo de resposta dessa mesma questão pode ser um indicativo de que a linguagem do problema precisaria ser revista ou os alunos não entenderam bem o tópico avaliado.

4.4.2 Métricas Compostas

As métricas apresentadas nesta subseção são consideradas compostas porque dependem de outras métricas para que sejam calculadas.

4.4.2.1 Prioridade

Prioridade (P) (veja Eq. 4.5) indica a relevância de uma disciplina ou de um tópico a ser estudado por um aluno com base nas pontuações obtidas na Nota Tradicional (NT) e na Nota Ponderada (NP).

$$P = (10 - TS) \cdot \frac{WS}{10} \quad (4.5)$$

Como apresentado anteriormente na Subseção 4.4.1.2, para a disciplina “A”, temos $NT = 6,67$ e $NP = 8,75$; e para a disciplina “B”, $NT = 1,67$ e $NP = 7,92$. Em seguida, podemos usar a Equação 4.5 para calcular a prioridade de cada assunto, resultando em:

$$\begin{aligned} P_A &= (10 - 6,67) \cdot \frac{8,75}{10} = 2,914 \\ P_B &= (10 - 1,67) \cdot \frac{7,92}{10} = 6,597 \end{aligned}$$

Onde, a prioridade para a disciplina “A” é 2,914 e 6,597 para a disciplina “B”. Observando a Tabela 4.13, podemos ver que, apesar do melhor desempenho geral na Disciplina A, a Disciplina B tem mais prioridade e, portanto, é mais recomendável estudá-la primeiro. Isso acontece porque o aluno *quase* acerta mais questões na Disciplina B, o que significa que é necessário um baixo nível de esforço para aprender e alcançar um alto desempenho.

4.4.2.2 Nível de Compreensão da Questão

O **Nível de Compreensão da Questão (NCQ)** mede o desempenho do aluno, levando em consideração o nível de dificuldade da questão e o tempo que levou para respondê-la. Portanto, o NCQ é baseado no Índice de Dificuldade da Questão (IDQ) e no Índice de Dificuldade de Conteúdo (IDC) da Tabela 4.16, no peso “p” da resposta do aluno (ver Seção 4.4.1.2 e Tabela 4.12) e o Tempo de Resposta do estudante (TR). Assim, o nível máximo de compreensão (Max) é a maior compreensão possível de ser medida; e o Nível Efetivo de Compreensão (NEC) é a compreensão efetivamente medida, sendo obtidos pelas Equações 4.6a e 4.6b, respectivamente.

$$Max = IDQ \cdot IDC \cdot 4 \quad (4.6a)$$

$$NEC = IDQ \cdot IDC \cdot p \quad (4.6b)$$

Os valores de IDQ e IDC podem ser obtidos a partir da Tabela 4.16, onde ‘1’ significa o conteúdo ou a pergunta com a menor dificuldade, ‘3’ é considerado uma dificuldade normal e, finalmente, o valor ‘5’ corresponde a um conceito mais difícil de entender.

Tabela 4.16: Valores dos Índices de Dificuldade

Índices	Fácil	Normal	Difícil
Índice de Dificuldade da Questão - IDQ	1	3	5
Índice de Dificuldade do Conteúdo - IDC	1	3	5

Assim, NCQ considera o tempo que o estudante levou para responder a questão e, de acordo com a Equação 4.7, podemos ver que NCQ pode ser calculado de três maneiras diferentes dependendo do tempo de resposta do aluno para cada pergunta. Além disso, a Tabela 4.17 demonstra cinco estudos de caso.

$$NCQ = \begin{cases} \frac{NEC}{Max \cdot 4}, & TR \leq t/4 \\ \frac{NEC}{Max}, & t/4 < TR \leq t \\ \frac{NEC}{Max + (\frac{TR-t}{t})}, & TR > t \end{cases} \quad (4.7)$$

onde t é o tempo máximo esperado que o estudante leve para responder a questão.

Na Tabela 4.17, podemos notar que Q1 implica que o aluno acertou a pergunta ($p_1 = 4$), mas respondeu muito rapidamente ($TR \leq t/4 \therefore 60 \leq 62,5$), o que pode indicar que ele tentou adivinhar (ou chutar) a resposta. Nesse caso, pela Equação 4.7, o NCQ será igual a apenas 25%.

Por outro lado, Q2 e Q3 foram respondidas dentro do tempo esperado ($t/4 < TR \leq t$). Ou seja, ($62,5 < 70 \leq 250$) e ($45 < 60 \leq 180$), respectivamente. No entanto, apenas o Q2 está totalmente correto, obtendo um NCQ igual a 100%. Q3 está quase correto e, portanto, seu NCQ é de 75%. Nesses casos específicos, podemos observar que o NCQ do aluno depende apenas do peso de sua resposta.

Tabela 4.17: Nível de Compreensão da Questão

Questão		Q1		Q2		Q3		Q4		Q5	
p		4		4		3		4		2	
IDC	IDQ	5	5	3	3	5	5	3	3	5	5
NEC	Max	100	100	36	36	75	100	36	36	50	100
TR	t	60	250	70	250	60	180	300	250	650	300
$t/4$		62,5		62,5		45		62,5		75	
NCQ		25%		100%		75%		99,45%		49,42%	

No terceiro caso, a saber, quando o aluno excede o tempo esperado ($TR > t \therefore 300 > 250$), será descontado um pequeno valor apenas para distingui-lo do segundo caso, independentemente de sua resposta. Portanto, se esse aluno atrasou mais do que o previsto, é provável que seu nível de compreensão seja apenas um pouco menor do que o nível de quem respondeu dentro do tempo esperado. Assim, embora o aluno tenha respondido corretamente a pergunta Q4, pela Equação 4.7, seu NCQ será 99,45%.

Finalmente, o quinto caso mostra que o aluno também excedeu o tempo esperado ($SRT > t \therefore 650 > 300$), mas, dessa vez, respondeu a pergunta incorretamente e, portanto, obteve um peso igual a 2. Assim, a pontuação do aluno será calculada de acordo com o terceiro caso da Equação 4.7 e será diminuída proporcionalmente ao tempo excedido e ao peso obtido, de modo que seu NCQ dele será igual a 49,42%.

4.4.2.3 Nível de Compreensão do Questionário

Ao contrário da métrica NCQ , que é focada em questões isoladas, o Nível de Compreensão do Questionário (NC) mede o desempenho dos estudantes em um questionário (ou um conjunto de questões). Esta métrica é baseada no NCQ e no complementar do “Grau de Assertividade” ($1 - A$) para cada questão. A Equação 4.8 detalha como calcular o NC , onde ‘n’ é o total de questões.

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^n NCQ_i}{n + (1 - A)} \quad (4.8)$$

Tabela 4.18: Nível de Compreensão do Questionário

Disciplina A						
Questão	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
NCQ	1	0,75	1	0,50	1	1
1-A	0,764					
Disciplina B						
Questão	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
NCQ	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1
1-A	0,833					

Através da Equação 4.8 e usando os dados da Tabela 4.18, podemos calcular o NC , contendo as mesmas perguntas e respostas relacionadas às disciplinas ‘A’ e ‘B’ na Seção 4.4.1.2 (Tabela 4.13:

$$NC_A = \frac{1 + 0,75 + 1 + 0,50 + 1 + 1}{6 + 0,764} \approx 77,61\%$$

$$NC_B = \frac{0,75 + 0,75 + 0,75 + 0,75 + 1}{6 + 0,833} \approx 58,54\%$$

No caso da disciplina ‘A’, enquanto $NT_A = 6,67$ e $NP_A = 8,75$, $NC_A = 77,61\%$, e, no caso da disciplina ‘B’, enquanto $NT_B = 1,67$ e $NP_B = 7,92$, tem-se um $NC_B = 58,54\%$, onde estamos levando em consideração não apenas os pesos, acertos ou erros, mas também os índices de dificuldade de cada questão. Além disso, podemos notar que essa métrica usa elementos de quase todas as métricas definidas anteriormente e, assim, pode falar sobre o entendimento do estudante com mais propriedade do que a Nota Tradicional (NT).

4.4.3 Métricas aplicadas a Objetos Tangíveis de Aprendizagem (OTA)

Embora as métricas apresentadas neste trabalho tenham sido inicialmente propostas e validadas com base em questionários de múltipla-escolha, uma vez que elas são produto do aprimoramento das métricas apresentadas por Leitão (2017), propomos a sua extração, e consequente utilização, para avaliação da aprendizagem a partir do uso de Objetos Tangíveis de Aprendizagem.

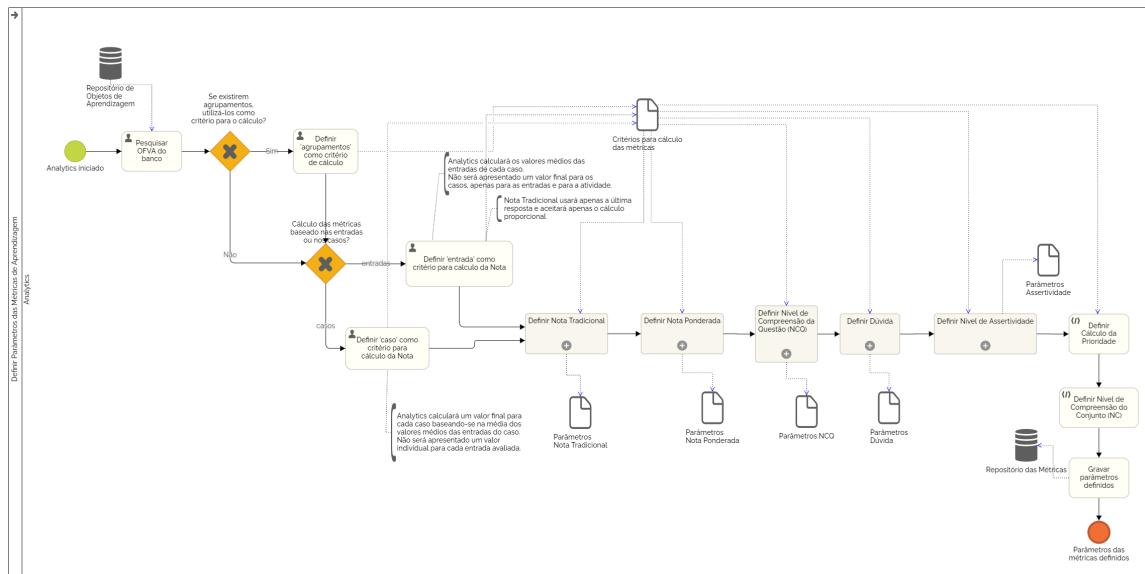


Figura 4.16: Diagrama BPMN para Definição dos Parâmetros das Métricas de Aprendizagem aplicadas a um OTA

Assim, de modo a conduzir a aplicação das métricas propostas aos objetos tangíveis utilizados em conjunto com a abordagem proposta nas seções anteriores, um modelo de processos BPMN é apresentado na Figura 4.16.

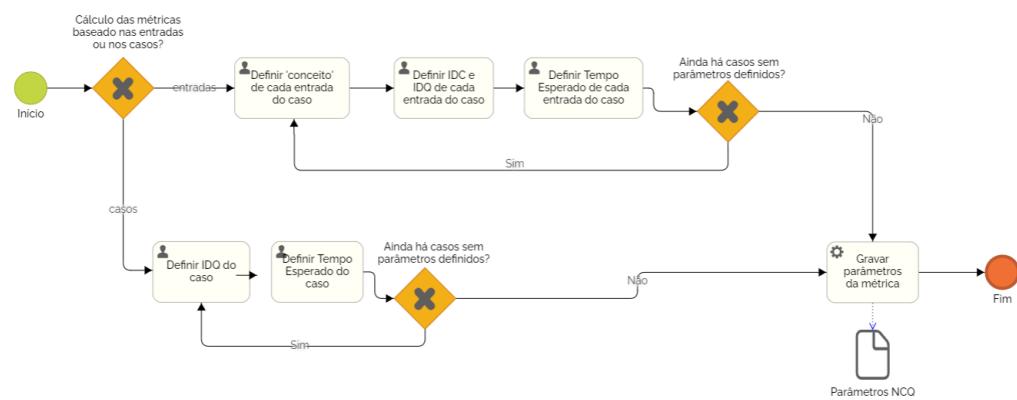


Figura 4.17: Subprocesso para definição dos parâmetros do Nível de Compreensão da Questão

Enquanto a Figura 4.16 apresenta o modelo geral do processo para caracterização das métricas de aprendizagem de cada objeto tangível, a Figura 4.17 detalha os passos necessários para a

parametrização do Nível de Compreensão da Questão (NCQ), que depende dos índices de dificuldade e do tempo esperado/gasto em cada caso de teste.

Assim, pode-se notar que há duas possibilidades a seguir para o cálculo da pontuação do estudante: (i) baseado nas entradas ou (ii) baseado nos casos de teste. Caso a primeira opção seja a escolhida, então, módulo Analíticos irá calcular o *NCQ* tomando como base as entradas de todos os casos de teste e a nota gerada dependerá também dos índices de dificuldade do conteúdo e da entrada além do tempo de resposta esperado específicos de cada entrada.

Caso a segunda opção seja a escolhida, então, a nota será calculada tomando como base cada caso de teste com seus respectivos parâmetros.

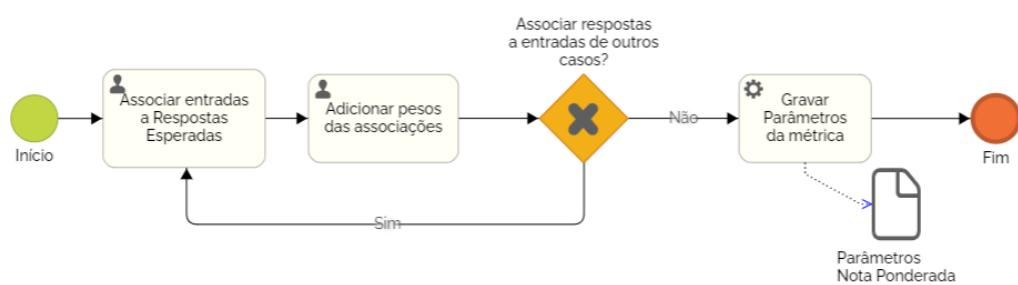


Figura 4.18: Subprocesso para definição dos parâmetros da Nota Ponderada

A Figura 4.18 evidencia a necessidade de indicar os pesos para as diversas possibilidades de respostas dadas pelos estudantes, o que viabiliza o cálculo da Nota Ponderada e, por conseguinte, do NCQ. Além disso, a Figura 4.19 apresenta a associação entre uma entrada (*EF1*) a um caso de teste (“Caso de Teste 1”) com as respectivas respostas esperadas (*RE*) e os pesos de cada resposta.

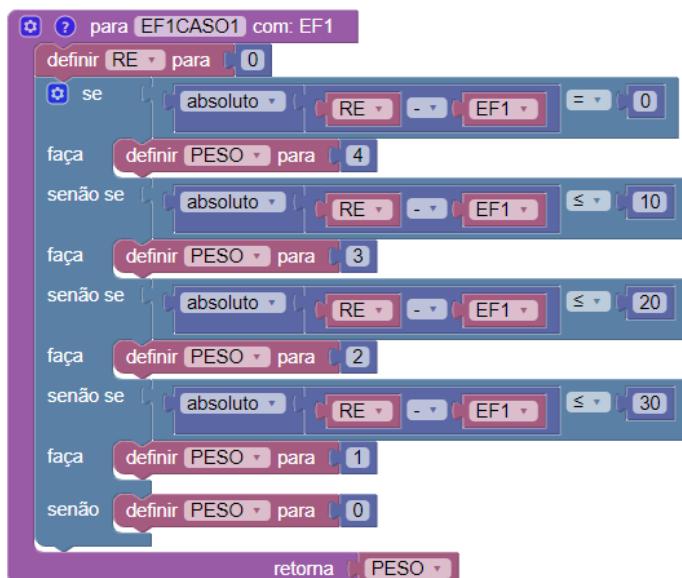


Figura 4.19: Exemplo de definição da NP para EF1 do Caso de Teste 1

Adicionalmente, também foram definidos subprocessos para a Nota Tradicional (Figura 4.20), Dúvida (Figura 4.21) e Assertividade (Figura 4.22) de modo a melhor caracterizar o fluxo e os parâmetros de cada uma dessas métricas.

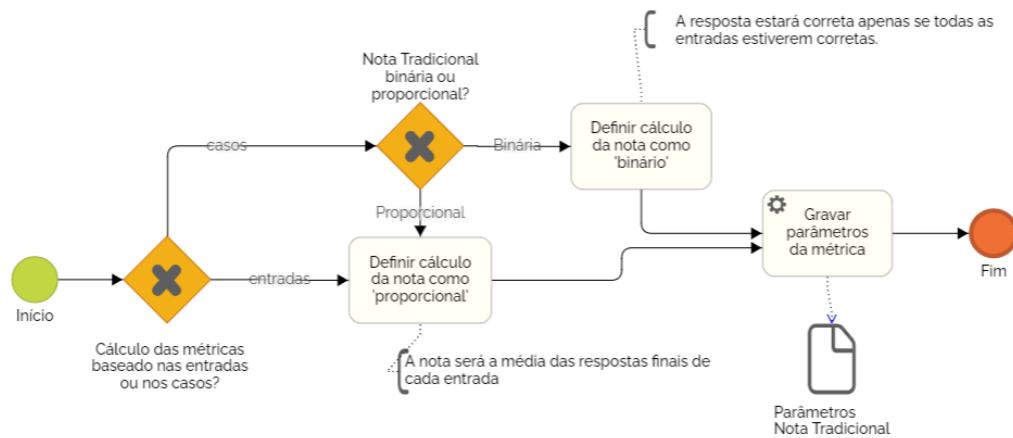


Figura 4.20: Subprocesso para definição dos parâmetros da Nota Tradicional

Por fim, foi realizado um estudo de caso (ver Seção 5.2) com o objetivo de validar e aprimorar o método apresentado neste trabalho. Tal estudo de caso consiste na implementação e utilização de objetos tangíveis de aprendizagem baseados no método proposto que instanciam o manipulativo físico-digital “Quadro Trigonométrico” e proveem dados e analíticos de aprendizagem. Além disso, as atividades pedagógicas nas quais as instâncias do OTA serão utilizadas estão baseadas em uma sequência didática proposta por Silva (2011) para o ensino de trigonometria.

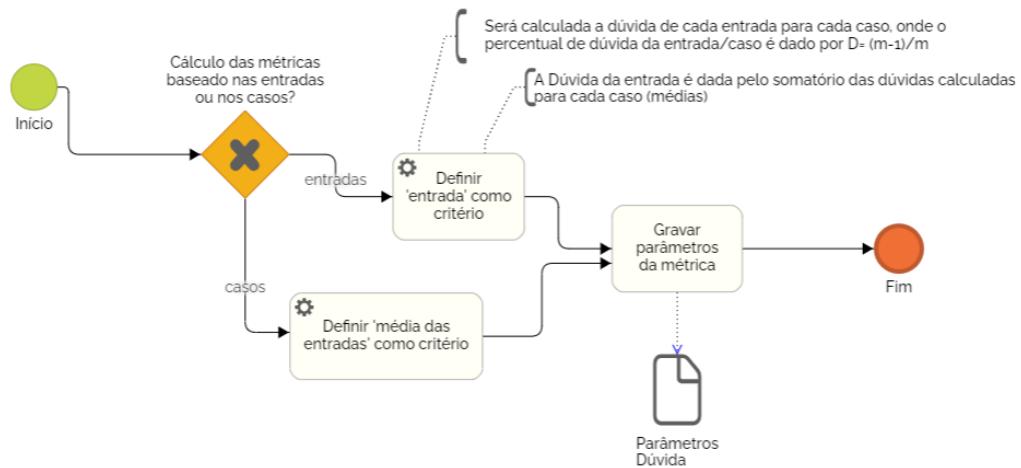


Figura 4.21: Subprocesso para definição dos parâmetros da Dúvida

Essa sequência prevê uma dinâmica construtivista para o estudo das relações e razões trigonométricas, sendo que cada atividade pedagógica tem por objetivo introduzir uma parte do círculo trigonométrico, de modo que, ao final da sequência, o estudante tenha construído conhecimento acerca dos quadrantes, posição dos ângulos em uma circunferência, valores destes ângulos em graus e radianos, além dos valores de seno, cosseno e tangente de cada ângulo.

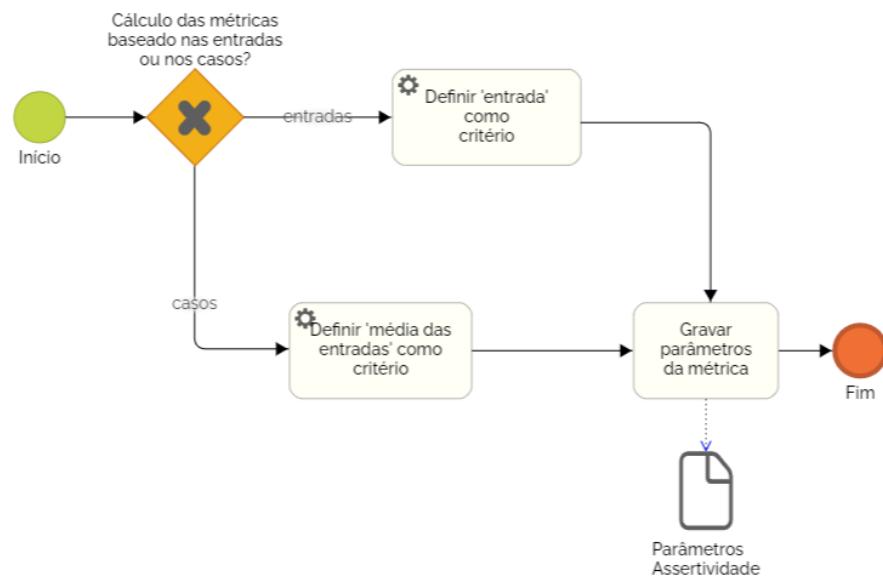


Figura 4.22: Subprocesso para definição dos parâmetros da Assertividade

4.5 Ferramentas

Esta seção descreve brevemente as ferramentas implementadas para a validação do método proposto nesta tese. Tais ferramentas serão descritas seguindo cada parte do método apresentado ao longo deste capítulo.

A captura de tela mostra a interface do usuário para gerenciar casos de teste. No topo, uma barra azul indica o caminho: Home > API > Casos de teste > Início. A interface é dividida em duas seções principais:

- API:** Esta seção exibe uma lista de recursos com opções para adicionar novos itens. Os recursos incluem Salas de aula, Respostas de exercícios, Exercícios, Lições, Alunos, Dados do caso de teste, Regras do caso de teste, Variáveis de caso de teste, Casos de teste (destacado em amarelo) e Faixas.
- Alterar caso de teste:** Esta seção permite editar detalhes de um caso de teste. Campos incluem Exercício (Prancha Trigonométrica – quadrantes), Rótulo (Início), Enunciar (Indique o início do primeiro quadrante e infor) e Modo (Estudo). Um botão 'HISTÓRIA' está disponível no topo direito.
- RELACIONAMENTOS TESTCASEGROUP-TESTCASE (OCULTAR):** Esta seção mostra relacionamentos entre grupos de casos de teste e casos individuais. Um exemplo é 'Quadrante 1' associado ao grupo 'Objeto TestCaseGroup_test_cases (1)'. Um botão 'EXCLUIR?' com uma caixa de seleção é visível ao lado.
- Botões de ação:** No fundo, há botões para Excluir (vermelho), Salve e adicione outro (azul), Salve e continue editando (azul) e SALVAR (branco com fundo azul).

Figura 4.23: Compositor de OTA - Casos de Teste

4.5.1 Compositor

O Compositor é uma ferramenta web desenvolvida usando o nodejs, o *Framework* Angular associado a um banco de dados SQL e uma versão modificada da Ferramenta Blockly. Com Angular, foram implementados dois componentes em separado, de modo que o primeiro corresponde a atualização da versão apresentada por Leitão (2017) de modo a prover melhores recursos e experiência ao usuário, tendo tido a interface proposta por uma aluna do curso de Design da UFAM. Já o segundo componente, viabiliza a inclusão dos objetos tangíveis de aprendizagem de acordo com o modelo de processos apresentado nas Figuras 4.5 e 4.6.

A Figura 4.23 apresenta uma imagem da tela de inserção dos casos de teste utilizados na instanciação do objeto tangível utilizado neste trabalho. Note-se que é possível editar o Rótulo, o Enunciado, o modo de utilização do estudante (Estudo ou Avaliação) e, por fim, o agrupamento ao qual o caso de teste pode estar vinculado.



Figura 4.24: Compositor de OTA - Blockly

Como dito anteriormente, para definição das variáveis de entrada e saída e das regras de validação dos casos de teste, foi implementada uma ferramenta de programação em blocos baseada na biblioteca de código aberto Blockly (Developers, 2022), mantida pelo Google. A Figura 4.24 apresenta a tela principal da ferramenta modificada e que permite a utilização de blocos específicos para a necessidade do Compositor de Objetos Tangíveis, de modo que esses blocos podem ser salvos para reutilização e o código-fonte seja automaticamente traduzido para JavaScript, que é a linguagem utilizada pelo Player para validação das respostas dos estudantes.

Dentre as modificações implementadas estão a possibilidade de declarar e editar as entradas e saídas tangíveis (físicas e virtuais), a abertura e o salvamento dos blocos utilizados em um arquivo xml

de modo a permitir edições posteriores, o salvamento do código gerado automaticamente em java script de modo que possa ser exportado e armazenado em um banco de dados SQL.

4.5.2 Player Tangível

O ‘Player’ é o módulo onde acontece a interação do aluno com o conteúdo educacional. No caso de objetos de aprendizagem tradicionais, tal interação é essencialmente digital de modo que o estudante tem acesso e interage com o objeto de aprendizagem exclusivamente através de algum dispositivo tradicional (computadores, *smartphones*, *tablets*,...). Entretanto, no caso de objetos tangíveis, a interação com o material pedagógico acontece também através de um manipulativo físico que tem uma contraparte digital. Assim, nesta subseção, apresentaremos uma instância de um OTA criado para a prova de conceito desta tese.

Tabela 4.19: Aspectos Educacionais: Prancha Trigonométrica - Quadrantes

Atributo	Descrição
ID	001
Título	Prancha Trigonométrica: Quadrantes
Descrição Geral	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, os valores dos quadrantes do círculo trigonométrico.
Descrição Educacional	Na Interface Virtual, o estudante deve escolher o item a ser estudado (início ou fim de um quadrante) e, então, deve manipular o ponteiro da Interface Física de modo a indicar a posição (ângulo) em que o quadrante começa ou termina (de acordo com o item escolhido). Para cada movimentação do ponteiro físico, o ponteiro virtual é movimentado e, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores do ângulo em graus e em radianos. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é um limite de quadrante, ou insira um valor incorreto, a Interface Virtual deverá retornar uma informação que o ajude a corrigir os valores ou posições. Este objeto deve usar a Face A01.
Tópicos	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, graus, radianos.
Modo	Estudo
Gateway	.hex e .ino em Arduíno
Dispositivos	32 Sensores de efeito Hall; 1 teclado membrana; matricial;

4.5.2.1 Instanciação da descrição de um Objeto Tangível de Aprendizagem

Tomando por base o perfil de aplicação OBAA escolhido (disponível no Apêndice A) e a Tabela 4.1, que resume as especificações para criação de um OTA conforme o proposto nesta pesquisa, com o objetivo de validar o método e a arquitetura propostas nesta tese, foram implementados cinco OTAs. E, como afirmado na Seção 4.4.3, tais objetos tangíveis são baseados nas atividades pedagógicas

da sequência didática proposta por Silva (2011), de modo que cada objeto representa uma parte da construção do “Quadro Trigonométrico” final.

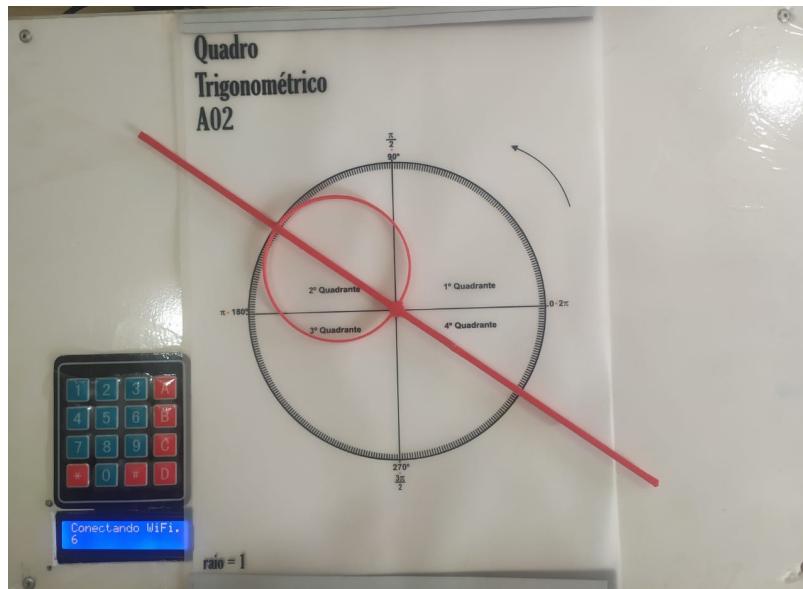


Figura 4.25: Player Tangível - Interface Física

Assim, nesta seção de ferramentas, apresentaremos apenas uma das instâncias de OTA implementadas, a fim de facilitar a compreensão do método proposto e do processo de construção de um OTA qualquer, de modo que os demais OTAs serão devidamente apresentados e abordados na seção sobre o estudo de caso (Seção 5.2) e estão disponíveis nos Apêndices D, E, F, G e H.

OF
VA Objetos Físicos Virtuais de Aprendizagem

Círculo Trigonométrico

Quadrante 1
Quadrante 2
Quadrante 3
Quadrante 4

Q1-
Início
Q1-
Fim
Q2-
Início
Q2-
Fim
Q3-
Início
Q3-
Fim
Q4-
Início
Q4-
Fim

1. Posicione o ponteiro físico
 2. Aperte a tecla * no teclado do objeto físico para confirmar a resposta
 3. Informe os valores em grau e radiano do ângulo selecionado

• Simulador físico

Indique o início do primeiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.

Figura 4.26: Player Tangível - Interface Virtual

Dessa forma, a Tabela 4.19 apresenta uma instanciação de um OTA chamado “Prancha Trigonométrica - Quadrantes” no que diz respeito aos aspectos educacionais (nome, descrição geral, descrição educacional, tópicos, modo), dispositivos e gateway.

A partir desta descrição, pode-se notar que tal objeto tangível tem o objetivo de colaborar com a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio, no que diz respeito aos tópicos Trigonometria, Ângulos, Graus e Radianos no processo de identificação dos quadrantes do círculo trigonométrico. Para facilitar a descrição do objeto proposto, os dados restantes desta instanciação (entrada, saídas e regras de casos de teste) serão devidamente apresentados na Subseção 4.5.2.2.

Em termos de funcionamento, na sua parte física (Figura 4.25), o objeto proposto coleta os dados referentes à manipulação que o estudante faz de um ponteiro no círculo trigonométrico e os envia para a sua contraparte digital (Figura 4.26). De modo que, toda vez que o estudante altera o ângulo na entidade física, o ângulo também é alterado na entidade digital.

A coleta de dados na entidade física acontece através do uso de sensores de efeito Hall posicionados em cada ângulo a ser detectado e de um ponteiro equipado com ímãs de neodímio, de modo que sempre que o ponteiro “imantado” é posicionado sobre um ângulo, o sensor de efeito Hall muda de estado e a entidade digital é atualizada com o valor correspondente.

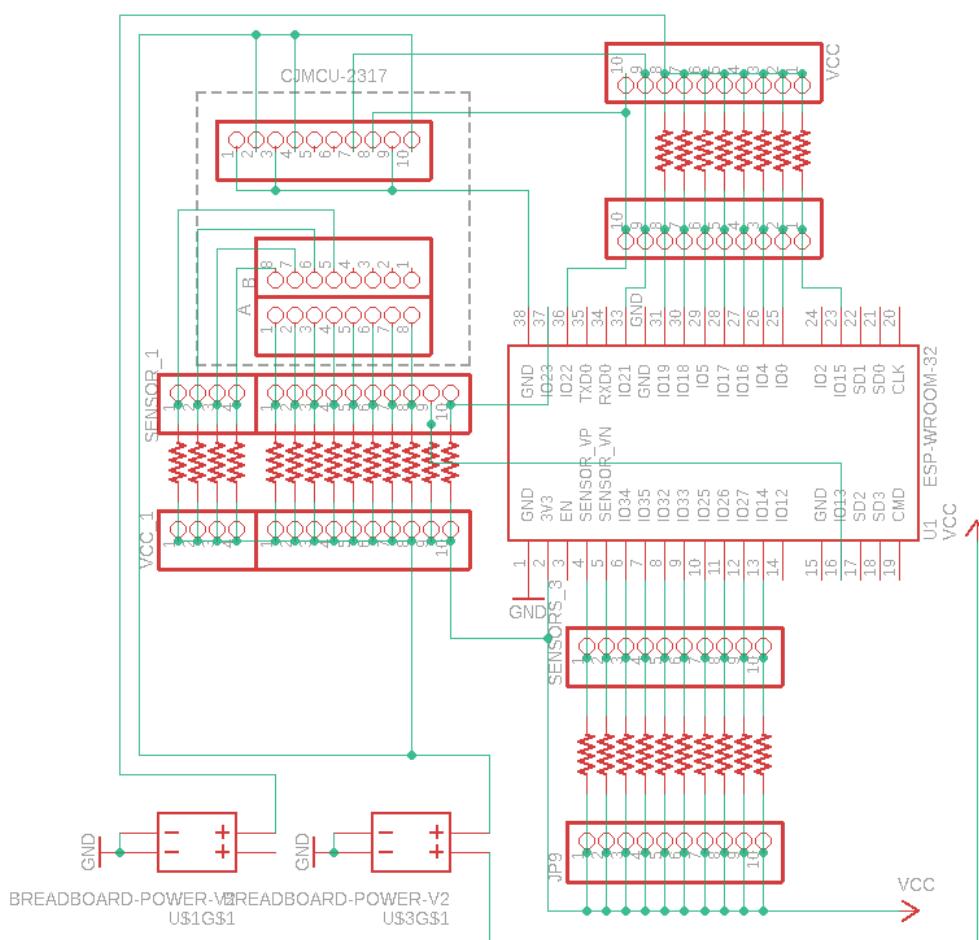


Figura 4.27: Esquemático do Circuito Elétrico utilizado no Player Tangível

A Figura 4.27 apresenta o esquemático do circuito elétrico projetado para a instrumentação do manipulativo físico de modo que podemos notar que foi utilizado um microcontrolador ESP-WROOM-32 e um expansor CJMCU-2317 (que usa o chip MCP-23017) para a conexão dos 32 sensores de efeito hall necessários a detecção dos ângulos do círculo trigonométrico. Além disso, como pode ser observado na Figura 4.25, foram adicionados um Display LCD e um Teclado de Membrana Matricial para melhorar a interação do estudante com o manipulativo, além de proporcionar o fluxo de pareamento necessário entre as duas partes do objeto.

Como proposto na Seção 4.3, a comunicação entre as entidades física e virtual do objeto tangível acontece através do uso do protocolo *Websocket*. Assim, foi utilizado o ESP-WROOM-32 de modo que o servidor *Websocket* foi implementado nesta parte do OTA para atuar como um gateway entre as duas entidades e facilitar a atualização dos componentes web da parte virtual do player, uma vez que a entidade digital atua principalmente como um consumidor dos dados provenientes da entidade física e, no caso deste objeto em específico, do valor do ângulo identificado por cada sensor de efeito Hall.

4.5.2.2 Instanciação das Entradas, Saídas e Casos de Teste de um OTA

Para que um objeto tangível de aprendizagem cumpra seu propósito, é importante que haja uma forma de comunicação entre as entidades física e virtual. Desse modo, é necessário especificar as características dos dados a ser enviados e recebidos (entradas e saídas), bem como o que será feito com eles (casos de teste).

A Tabela 4.20 apresenta um extrato do Apêndice D relativo às entradas e saídas físicas e virtuais de um objeto tangível. Na coluna ‘Blocos’, pode-se observar os blocos criados usando a ferramenta Blockly modificada, enquanto na coluna ‘JavaScript’ tem-se a visão do código gerado automaticamente pela mesma ferramenta, de modo que esta tradução possa ser utilizada pelos outros componentes do objeto.

Como a interface digital do Player Tangível é baseada em tecnologia web, a linguagem JavaScript foi utilizada para definir e tratar os dados recebidos de ambas as entidades física e digital do Player. Assim, a definição das entradas e saídas corresponde a declarações e atribuições dos valores de variáveis JavaScript e a definição das regras dos casos de teste corresponde a criação de uma função nesta mesma linguagem. Além disso, no caso das variáveis de entrada/saída, é necessário indicar se são físicas ou virtuais. Para tanto, como dito anteriormente, foi modificada uma ferramenta baseada em programação em blocos, de modo que a definição de todos esses elementos seja facilitada.

A definição do caso de teste consiste em estabelecer uma situação-problema a ser resolvida pelo estudante e, de acordo com a necessidade, as regras de *feedback*. Assim, o autor do objeto tangível pode definir tanto o texto do enunciado do caso de teste quanto o seu rótulo (Tabela 4.21). Além disso, quando o objeto tangível prevê o modo “estudo” será necessário também indicar o *feedback* a ser dado para uma determinada entrada, visto que o OTA deverá ajudar o estudante a atingir objetivo de aprendizagem através de informações que o levem a melhorar/corrigir suas respostas, de modo

Tabela 4.20: Recursos: Prancha Trigonométrica - Quadrantes

RECURSOS					
ENTRADAS FÍSICAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript
1	Físico	EF1	inteiro	entrada física ▾ 1	var EF1;
ENTRADAS DIGITAIS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript
2	Virtual	EV1	inteiro	entrada virtual ▾ 1	var EV1;
3	Virtual	EV2	ponto flutuante	entrada virtual ▾ 2	var EV2;
SAÍDAS DIGITAIS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO	
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário	
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário	
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!	
4	Virtual	SV4	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser menor	
5	Virtual	SV5	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser maior	
6	Virtual	SV6	String	Todos os valores estão corretos!	
BLOCOS					
saída virtual ▾ 1 Mova o ponteiro no sentido horário! saída virtual ▾ 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário! saída virtual ▾ 3 Posição está correta! saída virtual ▾ 4 Ao menos um dos valores informados deveria ser m... saída virtual ▾ 5 Ao menos um dos valores informados deveria ser m... saída virtual ▾ 6 Todos os valores estão corretos!					
JavaScript gerado					
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser menor"; var SV5 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser maior"; var SV6 = "Todos os valores estão corretos!";</pre>					

que o conhecimento seja construído pelo estudante durante o processo de interação com o material didático.

Essa abordagem foi escolhida para que diversas estratégias pedagógicas pudessem ser utilizadas, uma vez que o modo “estudo” permite que o estudante sinta que está construindo conhecimento

Tabela 4.21: Definição de um caso de teste

Item	Descrição
Rótulo	Início
Enunciado	Indique o início do primeiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.

Tabela 4.22: Caso de Teste 1 - Regra 1

REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
<pre> se [EF1 v] = [0 v] então [devolve SV3 v] senão se [EF1 v] < [0 v] faça [devolve SV2 v] senão [devolve SV1 v] </pre>	<pre> if((EF1 == 0)){ return SV3; } else if ((EF1 < 0)){ return SV2; } else { return SV1; } </pre>

através da construção ou descoberta dos elementos que compõem o objeto tangível, ao invés de sentir que está sendo simplesmente avaliado.

Tabela 4.23: Caso de Teste 1 - Regra 2

REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
<pre> se [EV1 v] = [0 v] então [devolve SV6 v] senão se [EV1 v] < [0 v] faça [devolve SV5 v] senão [devolve SV4 v] </pre>	<pre> if((EV1 == 0)){ return SV6; } else if ((EV1 < 0)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>

Através de programação em blocos, são definidas regras para avaliação das entradas fornecidas pelo estudante, de modo que um código em JavaScript seja gerado automaticamente para ser incorporado a interface digital do Player. As Tabelas 4.22, 4.23 e 4.24 apresentam as definições das regras para o caso de teste apresentado na Tabela 4.21, onde a atividade em questão prevê que o estudante deve encontrar os valores dos ângulos de início do primeiro quadrante, respectivamente, 0° e 0 rad.

Além disso, pode-se observar que as regras definem o *feedback* dado de acordo com a entrada fornecida pelo estudante, de modo que esta etapa corresponde ao processo de associação entre as entradas e saídas físicas e digitais, tal como previsto na Figura 4.6, que apresenta o subprocesso

Tabela 4.24: Caso de Teste 1 - Regra 3

REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
<pre> se [EV2 = 0] então [devolve SV6] senão se [EV2 < 0] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV2 == 0)){ return SV6; } else if ((EV2 < 0)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>

de definição de serviços. Por fim, o restante da definição desta atividade pode ser encontrado no Apêndice D.

Para que haja o acompanhamento da aprendizagem é necessário definir também os parâmetros das métricas de avaliação conforme os modelos de processos apresentados na Subseção 4.4.3. Tal ação somente pode ser executada após a criação do OTA no Compositor e através do módulo Analíticos.

4.5.3 Servidor

O Servidor é o módulo responsável pela criação e gerenciamento da sala de aula virtual, permitindo o acesso dos estudantes ao material didático e a consolidação dos dados coletados pelo Player.

É importante ressaltar que, neste trabalho, o servidor foi implementado em dois serviços distintos, uma vez que a implementação relacionada aos objetos de aprendizagem tradicionais está em estágio avançado e sendo executada em servidores na nuvem, tendo sido implementada usando o *Framework Angular* e *NodeJS*.

A parte do servidor que provê o objeto tangível foi implementada em duas partes, sendo a primeira parte uma API (do inglês, Interface de Programação de Aplicação) desenvolvida utilizando a linguagem de programação *Python* e o *Framework Django*, de modo que esta API concentra todas as regras de negócio (casos de teste, regras de validação, acesso e administração).

A segunda parte corresponde ao *frontend* - isto é, a interface gráfica da entidade virtual com a qual o estudante interage diretamente - foi desenvolvida em *TypeScript* através do *Framework Angular* de modo que fossem providos tanto a interação do estudante com a entidade digital, quanto a conexão via *websocket* com a entidade física.

Os dados coletados por ambos os serviços são armazenados em um banco de dados *MongoDB* que é do tipo não relacional (*NoSQL*) de modo que os *logs* das atividades dos estudantes em ambas

as interfaces (virtual ou tangível) possam ser recuperados e utilizados para o cálculo das diversas métricas de aprendizagem propostas neste trabalho.

```

1  _id: ObjectId("61b7afc2ef9ce717dfc9bdba")
2  answerStudent: "C"
3  coordinateX: 268.65313720703125
4  coordinateY: 350.04376220703125
5  epoch: "202104:202102"
6  event: "click"
7  htmlElement: "<input type="radio" name="1" value="C">"
```

```

8  idQuestion: 592
9  idQuestionnaire: 592
10 idStudent: "2021304048"
11 finishEvent: false
12 idTeam: "GRUPOA"
13 page: "https://cianeladucentosol.com.br/plataforma/lesson/27/object/answer"
14 sessionId: "619d91ff1a49247974648c9f"
15 timestamp: 1639428032973
16 topic: "8-173"
17 typeQuestion: "E"
18 idObject: 0
19 typeResource: "C"
20 typeSession: 1
21 userId: 354
22 versionQuestionnaire: 119

```

Figura 4.28: Exemplo de Log de um objeto de aprendizagem tradicional

Assim, a Figura 4.28 apresenta um dado relativo a resposta dada por um estudante a uma questão de múltipla-escolha cujo identificador é ‘592’, a resposta fornecida corresponde a alternativa ‘C’. É possível observar que o log armazena também informação relacionada ao momento em que o dado foi capturado (*timestamp*), o que possibilita o cálculo das métricas baseadas em tempo.

```

_id: ObjectId("61a5bf940fc30ee88e95facd")
semestre: "202102"
bimestre: "202104"
turma: 1
id_sessao: 1
tipo_sessao: 1
id_simulado: 1
versao_simulado: "1"
id_estudante: 1
time: 1638252391532
event: "input"
page: "/aula/atividade/1/player"
id_questao: "2"
nivel: "2"
id_questionario: 1
materia: "Matemática"
subtopico: "Trigonometria"
alternativa: "100"
id_elemento: "ef1"
fonte: "physical"
```

Figura 4.29: Exemplo de Log de um OTA

A Figura 4.29 apresenta uma instância do log de um objeto tangível armazenado no banco de dados, onde é possível notar que o dado corresponde a entrada física de rótulo ‘ef1’ cujo valor é relativo ao ângulo ‘100’.

4.5.4 Analíticos

O módulo responsável pelas métricas foi implementado utilizando um conjunto de scripts em linguagem *Python*. Tais scripts extraem informações dos logs armazenados no banco de dados pelo servidor e realizam os cálculos das métricas apresentadas na Seção 4.4. O resultados destes cálculos são guardados em um novo banco de dados não relacional, de modo que possam ser utilizados para acompanhamento e avaliação da aprendizagem dos estudantes e das turmas que utilizaram o ambiente proposto.

```
_id: ObjectId("62189c9213008a8aa554d501")
método: "entradas"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: 1
id_fonte: "EF1"
nota: 7.322916666666667

_id: ObjectId('62189cd013008a8aa554d5ab')
método: "casos"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: null
id_fonte: "1"
nota: 7.999999999999999

_id: ObjectId("62189c9213008a8aa554d502")
método: "entradas"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: 2
id_fonte: "EV1"
nota: 9.166666666666666

_id: ObjectId('62189cd113008a8aa554d5ac')
método: "casos"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: null
id_fonte: "2"
nota: 4.861111111111111

_id: ObjectId("62189c9213008a8aa554d503")
método: "entradas"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: 2
id_fonte: "EV2"
nota: 9.375

_id: ObjectId('62189cd113008a8aa554d5ad')
método: "casos"
agrupamento: "False"
id_estudante: 3
id_questionario: 1
fonte: null
id_fonte: "3"
nota: 8.33333333333334
```

(a) Por Entrada

(b) Por Caso de Teste

Figura 4.30: Exemplo de instâncias da Média Ponderada

A Figura 4.30(a) ilustra três instâncias do banco de dados que armazenam o valor da média ponderada de um estudante relativo às entradas ‘EF1’, ‘EV1’ e ‘EV2’, respectivamente. No exemplo em questão, a média ponderada foi calculada considerando que as entradas e os casos de teste são agrupados de uma vez, para ilustrar a liberdade de escolha que o professor tem com

relação ao acompanhamento e avaliação do estudante, conforme proposto no modelo de processos da Figura 4.16.

Além disso, como é possível definir se o cálculo das métricas vai levar em consideração os casos de teste ou as entradas, é preciso entender que essa decisão influencia no modo como a métrica é calculada já que, para o cálculo do ponto de vista do caso de teste, todas as entradas serão agrupadas por caso de teste, de modo que a avaliação das resposta do estudante será feita com esse parâmetro de base. Assim, a Figura 4.30(b) ilustra as notas de um estudante calculadas de acordo com essa possibilidade, onde cada instância corresponde a um caso de teste diferente (rótulo ‘fonte’).

	123 id	abc title	123 IDC
1	1	Leitura de instrumento	1
2	2	Grau	1
3	3	Radianos	2
4	4	Ângulos	1

Figura 4.31: Parâmetros do NCQ - Tópicos

No caso de escolher o método das entradas, então, será levado em consideração o tópico específico de cada entrada, por exemplo, na Figura 4.32 pode-se observar que cada entrada de cada caso de teste corresponde a um tópico (ie: ‘Radianos’, ‘Leitura de instrumento’,...), de modo que cada tópico possui seu próprio nível de dificuldade (Figura 4.31).

	123 id	123 topic_id	123 input_time	123 testcase_id	123 type_input	123 IDQ
1	1	1	15	1	1	3
2	2	2	10	1	2	
3	3	3	10	1	2	
4	4	1	15	2	1	
5	5	2	10	2	2	
6	6	3	10	2	2	
7	7	1	15	3	1	
8	8	2	10	3	2	
9	9	3	10	3	2	
10	10	1	15	4	1	
11	11	2	10	4	2	

Dictionary (topic): (Define Description)

Value	Description
1	Leitura de instrumento
2	Grau
3	Radianos
4	Ângulos

Figura 4.32: Parâmetros do NCQ - Entradas

É importante ressaltar que todos dados relativos aos objetos de aprendizagem, seja os objetos tradicionais, seja os objetos tangíveis, estão armazenados em bancos de dados do tipo relacional (SQL), de modo que os diversos serviços possam facilmente fazer consultas e inserções a partir de uma hierarquia que leva em consideração os autores dos objetos de aprendizagem e, tanto quanto possível, o preenchimento automático do metadados a partir do perfil apresentado no Apêndice A, que já foi comentado previamente.

Tabela 4.25: Nota Ponderada - Caso de Teste 1 - EF1

NP - CASO 1 - EF1	
Blocos	Python gerado
<pre> para EF1CASO1 com: EF1 definir RE para 0 se [absoluto <= RE - EF1] = 0 then definir PESO para 4 end senão se [absoluto <= RE - EF1] ≤ 10 then definir PESO para 3 end senão se [absoluto <= RE - EF1] ≤ 20 then definir PESO para 2 end senão se [absoluto <= RE - EF1] ≤ 30 then definir PESO para 1 end senão definir PESO para 0 end retorna PESO end </pre>	import math # Nota Ponderada - Caso 1 def EF1CASO1(REF1): global RE, PESO RE = 0 if math.fabs(RE - REF1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - REF1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - REF1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - REF1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO

Por fim, a Tabela 4.25 apresenta uma instância da definição de parâmetros para o cálculo da Nota Ponderada do Caso de Teste previamente instanciado na Seção 4.5.2.2, onde pode-se observar que é gerado um código-fonte na linguagem Python a partir do blocos definidos em Analíticos. As instâncias restantes desta atividade podem ser encontradas no Apêndice I. Os parâmetros das métricas para os Exercícios 2, 3, 4 e 5, encontram-se nos Apêndices J, K, L e M, respectivamente.

4.6 Resumo

Neste capítulo descrevemos uma abordagem para inserção de tecnologia em sala de aula, proposta a partir de uma arquitetura com quatro componentes principais, possibilitando o uso de objetos tangíveis de aprendizagem em sala de aula de modo a permitir o acompanhamento/avaliação da aprendizagem e a fornecer mais elementos e análises a partir de dados de interação dos estudantes com os diversos recursos educacionais disponíveis.

Na Seção 4.1, foi detalhado o modelo do Compositor, primeiro elemento da abordagem proposta, que é o responsável pelo processo de autoria dos objetos de aprendizagem inseridos e a montagem da aula em si de modo que tais objetos possam ser associados por um professor como parte de uma mesma aula. Ainda nessa seção, foram apresentados (i) novos elementos relacionados ao objeto de aprendizagem questionário, que servirão de parâmetro para algumas das métricas propostas; e (ii) uma proposta de modelo para um objeto tangível de aprendizagem de modo que os atributos desse objeto possibilitem sua inserção, uso e funcionamento dentro de um ambiente de aprendizagem. Ademais, também foi proposto utilizar o perfil “PM-OBAA-FULL” como padrão de metadados.

Na Seção 4.2, foi apresentada a parte do ambiente de aprendizagem responsável pelo gerenciamento da sala de aula virtual e pela consolidação das informações coletadas pelos dispositivos dos alunos durante a aula. Nesta seção, foram introduzidas modificações relacionadas ao funcionamento dos objetos tangíveis de aprendizagem de modo a haver compatibilidade com o modelo de objeto tangível proposto.

A Seção 4.3 apresentou a comunicação e o funcionamento interno do Player Tangível, que é a interface de interação do estudante com o sistema, mas que, também, é o meio através do qual os dados dessa interação são coletados e enviados para o Servidor. Além disso, foram apresentados os componentes que possibilitam o funcionamento das interface física e digital, além da definição formal do processo de pareamento e comunicação (trocas de mensagens) entre as entidades do objeto tangível.

A Seção 4.4 introduziu novas métricas de aprendizagem com o objetivo de melhorar a verificação e o entendimento da aprendizagem dos estudantes ao longo de uma rotina educativa. Assim, são apresentadas as métricas: Nota Tradicional, Nota Ponderada, Dúvida da Questão, Grau de Assertividade, Tempo de Resposta, Prioridade, Nível de Compreensão da Questão e Nível de Compreensão do Questionário. Por fim, nesta mesma seção, são apresentados diagramas de modelos de processos que formalizam o passo-a-passo para aplicação das métricas propostas a objetos tangíveis.

Finalmente, a Seção 4.5 apresentou alguns detalhes da implementação feita com a finalidade de experimentar e validar o método proposto nas Seções 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 deste capítulo.

Capítulo 5

Resultados

Neste capítulo são discutidos os resultados experimentais obtidos a partir de coletas de dados feitas em um estudo exploratório e em um estudo de caso. O estudo exploratório consistiu na realização de simulados preparatórios para o exame vestibular em turmas do primeiro e segundo anos do Ensino Médio de uma escola pública do interior do Amazonas. Tais experimentos concentraram-se na validação do Módulo ‘Analíticos’, de modo que os dados coletados através de questionários de múltipla-escolha foram utilizados para alimentar as métricas de aprendizagem propostas, com a finalidade de verificar as possibilidades de análise inteligente de aprendizagem e de viabilizar a comparação dos métodos do estudo de caso.

O estudo de caso consistiu em três fases, de modo que foram analisados: (i) o impacto do uso de objetos tangíveis na aprendizagem, (ii) a percepção dos estudantes sobre o uso de objetos tangíveis e, (iii) estudo de viabilidade do uso de objetos tangíveis para o acompanhamento da aprendizagem através de métricas. Além disso, como parte da preparação para a avaliação experimental do método apresentado nesta tese, o planejamento do experimento foi submetido à apreciação dos comitês de ética das entidades participantes, de modo que o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) n. 51513221.9.0000.5020 foi aprovado sob o parecer n. 4.981.458 e o CAAE n. 51513221.9.3001.8119 foi aprovado sob o parecer n. 5.264.862.

5.1 Estudo Exploratório das Métricas de Aprendizagem

Para demonstrar e validar o Módulo das métricas apresentadas na Seção 4.4, utilizamos a plataforma educacional proposta por Leitão (2017) que permite incluir um questionário de múltipla-escolha baseado em Web, contendo cinco alternativas possíveis para cada pergunta. Portanto, os alunos podem selecionar ou alterar suas respostas quantas vezes quiserem, enquanto o questionário estiver disponível. Além disso, existem também botões de navegação que permitem aos alunos revisar suas respostas. Como dito na Seção 4.3, esta plataforma coleta dados de interação dos alunos com o material didático em tempo de execução, dentre os dados coletados estão: o tempo que o aluno passou em cada pergunta e quantas vezes o aluno mudou uma resposta para a mesma pergunta.

5.1.1 Sobre a coleta dos dados

Foram feitas cinco coletas de dados em turmas do primeiro e segundo ano do ensino médio de um instituto federal, onde foram aplicados questionários simulando o exame de vestibular. Cada questionário tinha entre 40 e 44 questões abordando as seguintes disciplinas: Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Língua Espanhola, História, Química, Física, Sociologia, Matemática, Geografia e Biologia. Além disso, os alunos tiveram no máximo quatro horas para responder a todas as perguntas.

A interação dos alunos com o questionário foi registrada em um arquivo *log* no formato CSV (*Comma Separated Values*), onde foram registrados o ID da pergunta e o registro de data e hora de cada evento. Assim, o conjunto de eventos inclui as perguntas selecionadas e todas as respostas escolhidas. O cálculo das métricas foi implementado em Python e armazenado em um banco de dados NoSQL usando o MongoDB.

5.1.2 Análise das Métricas

Nesta seção, analisaremos alguns dos dados coletados de modo a permitir o conhecimento dos estudantes e da turma a fim de facilitar inferências que permitam tomadas de decisões pedagógicas. Para simplificar a análise e o entendimento, os dados utilizados nesta seção são restritos apenas a uma turma do primeiro ano do ensino médio contendo 33 alunos.

5.1.2.1 Avaliando os estudantes

Para analisar as métricas, usamos um método de distribuição de frequência para classificar os alunos em um conjunto de grupos (consulte Tabela 5.1), em que o valor de Piso é um intervalo fechado e o valor de Teto é um intervalo aberto. Este é um método muito utilizado em análise exploratória dos dados, pois, permite resumir e organizar o conjunto de dados em classes mutuamente exclusivas de modo a entender melhor a distribuição dos elementos neste conjunto.

O total de classes é dado pela raiz quadrada do total de alunos, ou seja, $k = \sqrt{33} \approx 6$. Considerando que as classes deveriam estar no intervalo $[0, 1]$, a amplitude h para cada uma é dada por $h = (1/k) = (1/6) = 0,1667$. É importante ressaltar que os valores de k e h são os mesmos para todas as métricas da Figura 5.1 porque o parâmetro básico do cálculo (a quantidade total de alunos) é o mesmo para todas elas. Além disso, para facilitar a comparação, convencionou-se que os valores mínimo e máximo dos conjuntos de dados corresponde ao menor e maior valores possíveis, respectivamente, 0 e 1.

A Figura 5.1 mostra o total de estudantes em cada classe de acordo com as métricas Nota Tradicional(NT), Nota Ponderada(NP), Grau de Assertividade(A) e Nível de Compreensão do Questionário(NC), que descrevem o desempenho dos alunos um conjunto de perguntas. Vale

Tabela 5.1: Classes de Estudantes

Classes	Piso	Teto
Classe 1	0.0000	0.1667
Classe 2	0.1667	0.3333
Classe 3	0.3333	0.5000
Classe 4	0.5000	0.6667
Classe 5	0.6667	0.8333
Classe 6	0.8333	1.0000

ressaltar que, se somarmos todas as barras de qualquer uma das métricas, o valor será sempre 33, que é a quantidade total de estudantes na turma.

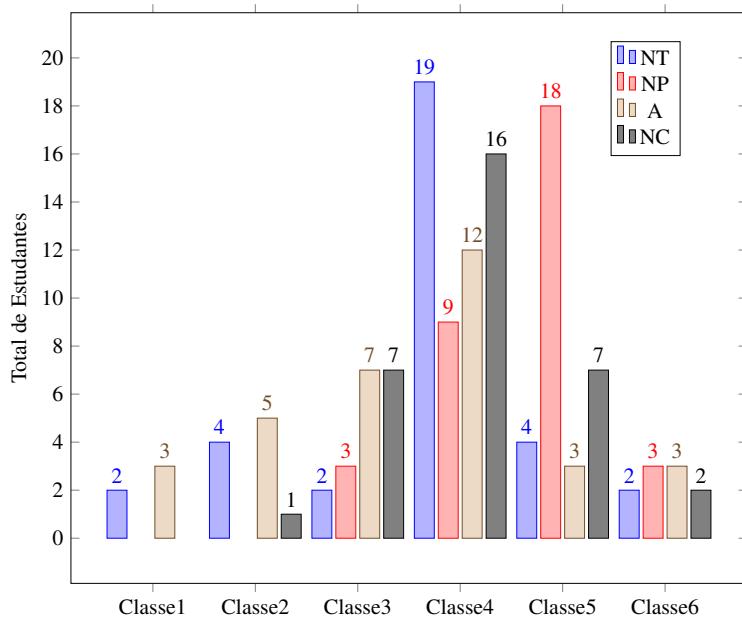


Figura 5.1: Estudantes organizados por grupos de pontuações

Ao considerar as métricas *NT*, *A* e *NC*, a maioria dos estudantes está nas classes 3-4 e, consequentemente, suas pontuações estão entre 0,3333 e 0,6667 (consulte os Grupos 3 e 4 na Tabela 5.1). Por outro lado, ao considerar a métrica *NP*, a maioria dos estudantes está nas classes 4-5 e, consequentemente, suas pontuações estão entre 0,5000 e 0,8333 (consulte as Classes 4 e 5 na Tabela 5.1), indicando que essa métrica obteve uma pontuação mais alta que as outras. No entanto, é importante notar que a métrica *NT* inclui a maioria dos estudantes (19 pessoas) na Classe 4 (de 0,5000 a 0,6667); e *NC* e *A* mostram uma curva semelhante a uma distribuição normal.

A Figura 5.2 apresenta a quantidade de alunos de acordo com a pontuação mínima para obter aprovação no ensino médio, ou seja, uma pontuação igual ou superior a 0,5. Primeiramente, podemos confirmar a tendência da *NP* de obter uma pontuação mais alta do que outras métricas, pois trinta alunos obtiveram uma pontuação maior que 0,5. Essa característica ocorre porque essa métrica se baseia no peso da resposta, o que dá uma pontuação quando a resposta está próxima da

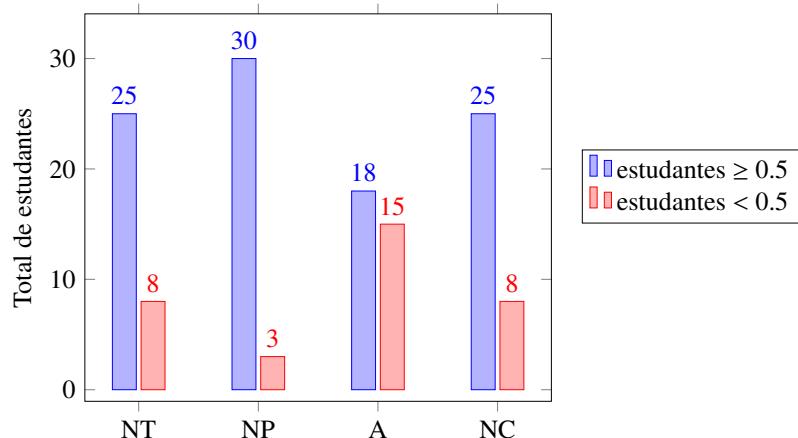


Figura 5.2: Estudantes agrupados por situação na pontuação

correta. Quase metade dos alunos não tem certeza absoluta de suas respostas (métrica *A*). No entanto, a maioria dos alunos tem alto nível de compreensão (métrica *NC*).

5.1.2.2 Avaliando Disciplinas

Tabela 5.2: Prioridades das Disciplinas

Disciplina	Prioridade
Língua Inglesa	0.393
Geografia	0.373
Língua Portuguesa	0.322
Biologia	0.288
Física	0.260
Química	0.257
Matemática	0.240
História	0.205

Tabela 5.3: Prioridades da Disciplina: Geografia

Dinâmica Terrestre	0.402
Escala	0.384
Cartografia	0.325

Após calcular e ordenar a média das prioridades de todos os alunos da turma, a Tabela 5.2 (normalizado no intervalo $[0, 1]$) mostra que as três disciplinas com a maior prioridade são: Língua Inglesa (39,3%), Geografia (37,3%) e Língua Portuguesa (32,2%), respectivamente. Assim, pode-se calcular os **tópicos prioritários** que cada professor pode revisar em sala de aula com todos os alunos. Por exemplo, em relação a disciplina Geografia, a Tabela 5.3 apresenta “Dinâmica Terrestre” como o tópico mais prioritário, seguido por “Escala” e “Cartografia”, respectivamente.

A Figura 5.3 mostra o tempo médio gasto em cada disciplina, de acordo com a métrica Tempo de Resposta (Seção 4.4.1.5). Pode-se notar que Matemática, Física e Língua Portuguesa foram

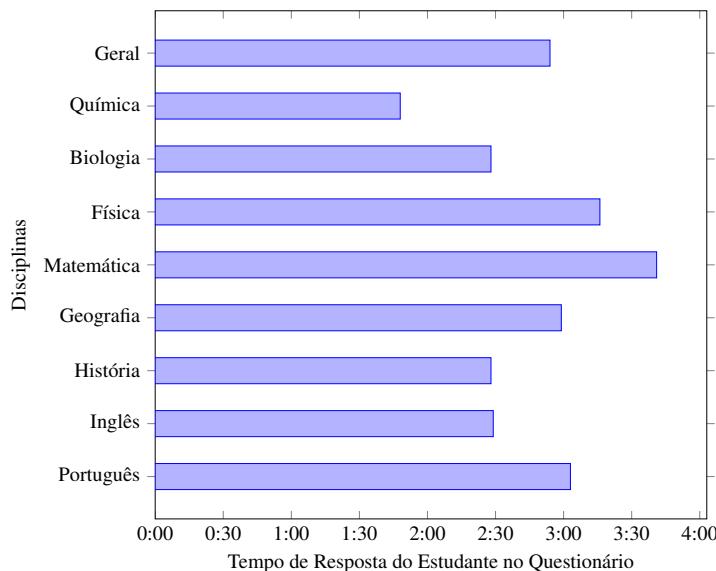


Figura 5.3: Tempo médio gasto nas perguntas de cada disciplina

as disciplinas em que os alunos ocuparam mais tempo. Todas essas disciplinas estão acima da média geral das aulas. Em relação a Língua Portuguesa, a Tabela 5.4 compara o tempo de resposta esperado com a média do tempo de resposta efetivo de todos os alunos, onde apenas as perguntas 4, 6 e 7 tiveram o tempo efetivo menor que o tempo esperado. Essa situação diminuirá um pouco da métrica NC , pois os alunos se encaixam no terceiro caso da Equação 4.7, ou seja, $SRT > t$.

Tabela 5.4: Tempo Gasto em Língua Portuguesa

Questões	TR Médio	Tempo Esperado (t)
Q1	04:47	03:20
Q2	02:50	02:00
Q3	02:58	01:20
Q4	02:17	03:00
Q5	02:49	01:20
Q6	02:18	03:00
Q7	02:46	03:00
Q8	03:38	03:00
Total	24:22	20:00

Por fim, pode-se observar na Figura 5.3 que, no caso de Matemática, a média de tempo gasto para responder a uma pergunta é maior que todas as outras disciplinas. Também podemos observar na Tabela 5.5 que a média do Grau de Assertividade (A) da turma é de apenas 36,29%. Isso implica que os alunos tiveram mais dificuldade nesse assunto do que em outros, porque os estudantes passaram mais tempo e tiveram pouca segurança de resposta e alto desvio em relação às respostas corretas.

Tabela 5.5: Grau de Assertividade das Disciplinas

Disciplinas	A
Língua Portuguesa	0.4825
Língua Inglesa	0.3755
História	0.2446
Geografia	0.4162
Matemática	0.3629
Física	0.5061
Biologia	0.4466
Química	0.2611
Geral	0.3831

5.1.2.3 Composição das métricas: Grau de Assertividade versus Nível de Compreensão do Questionário

Para compor as métricas do Grau de Assertividade (A) e do Nível de Compreensão do Questionário (NC), agrupamos os resultados das duas métricas em quatro grupos. O gráfico na Figura 5.4 mostra a composição. Como se pode observar, traçamos duas linhas perpendiculares nos pontos 0,5 de cada eixo, porque esta é a nota estabelecida para aprovação dos alunos na maioria das escolas de ensino médio do Brasil.

Considerando o conceito de quadrantes do Plano Cartesiano, o primeiro quadrante contém estudantes acima ou igual a 0,5 em ambas as métricas, ou seja, esses alunos têm um bom desempenho tanto em NC quanto em A e, por isso, não precisamos de tanta preocupação quando comparado aos estudantes nos outros quadrantes. Por exemplo, os três alunos com NC maior que 0,8 têm um A maior que 0,75. Isso significa que eles têm uma compreensão e confiança muito boas.

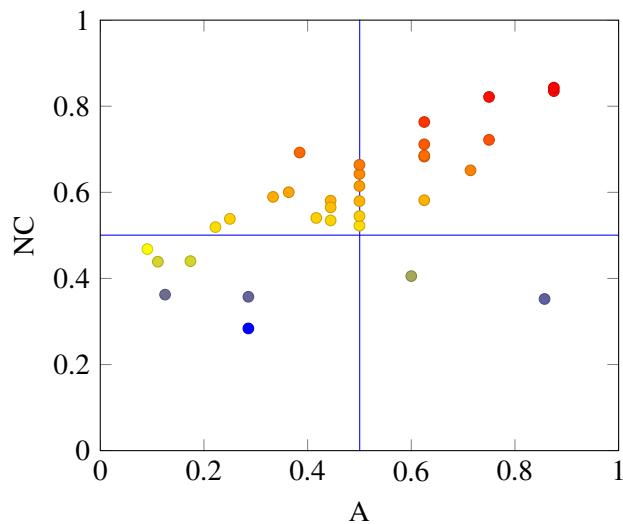


Figura 5.4: Comparação A vs. NC - Língua Portuguesa

Por outro lado, no terceiro quadrante, observamos os alunos em uma situação oposta, ou seja, com NC e A abaixo de 0,5. Essa é uma situação mais preocupante, porque os alunos têm baixos níveis de compreensão e assertividade. Na Figura 5.4, podemos observar que todos os seis alunos deste quadrante têm um A abaixo de 0,3, ou seja, eles têm um Grau de Assertividade abaixo de 30%. O caso mais crítico de NC é um aluno com 0,286. Ao analisar as duas métricas, os alunos com mais dificuldades são os três estudantes com A entre 0,1 e 0,3 e NC entre 0,2 e 0,4.

Os demais quadrantes têm alunos com diferentes comportamentos e necessidades. Por exemplo, no segundo quadrante, há alunos com bom NC (acima de 50%) e má confiança (A abaixo de 50%). Isso significa que esses alunos estão respondendo às perguntas corretamente, embora ainda tenham muitas dúvidas. No entanto, esses resultados mostram que, embora esses alunos tenham muitas dúvidas, são capazes de se autocorrigir.

Finalmente, no quarto quadrante, podemos observar alunos com alto grau de assertividade, mas baixo nível de compreensão. Isso significa que esses alunos poderiam ter respondido às perguntas de maneira errada ou muito rápida, talvez tentando adivinhar. Para entender melhor cada comportamento, é necessário verificar as métricas sobre perguntas específicas ou conjunto de perguntas.

Assim, na próxima seção, analisaremos com mais detalhes o caso mais crítico.

5.1.3 Analisando os estudantes do Terceiro Quadrante

Conforme declarado na Seção 5.1.2.3, a Figura 5.4 mostra que os alunos do terceiro quadrante têm baixos níveis de compreensão e assertividade e precisam de mais suporte. Por esse motivo, focaremos em alguns deles para demonstrar como as informações de novas métricas podem ser usadas para ajudar a superar suas dificuldades.

Na Tabela 5.6, comparamos as métricas dos cinco alunos com o menor NC do terceiro quadrante, ou seja, valores entre 0,284 e 0,440. Todos os dados da Tabela 5.6 foram normalizados entre 0 e 1 para facilitar a comparação das métricas. Além disso, a Figura 5.5 mostra o tempo gasto pelos alunos em cada questão de Língua Portuguesa, onde os tópicos avaliados estão disponíveis na Tabela 5.8.

Tabela 5.6: Estudantes com NC mais baixo

Estudante ID	NT	NP	A	NC	Desordem
0322	0.250	0.344	0.286	0.284	0.000
0290	0.500	0.688	0.174	0.440	0.410
0304	0.375	0.531	0.111	0.439	0.349
0320	0.125	0.406	0.125	0.362	0.000
0398	0.250	0.406	0.286	0.357	0.000

A Tabela 5.6 mostra que, para este grupo de estudantes, NT está entre 0,125 e 0,500, NP está entre 0,344 e 0,688, A está entre 0,111 e 0,286 e apenas dois estudantes apresentaram Desordem acima de

0%. Vale a pena notar que um baixo grau de assertividade pode ter ocorrido não porque os alunos mudaram muito as respostas, mas porque erraram muito.

Podemos confirmar essa hipótese apenas olhando para a soma dos alunos que acertaram. Nesse caso, os dados da Tabela 5.7 mostram que ninguém respondeu às perguntas 5 e 7, apenas um acertou as perguntas 1, 3, 6 e 8, mas as perguntas 2 e 4 foram acertadas por quatro estudantes. No entanto, apenas usando a métrica *NT* (acertos comuns) não podemos afirmar nada sobre quais tópicos os alunos devem priorizar. Em vista disso, calculamos a métrica *P* para esse questionário nas Tabelas 5.9 e 5.10.

Tabela 5.7: Acertos (1) e erros (0) - Língua Portuguesa

Estudantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
0322	0	0	0	1	0	0	0	1
0290	1	1	1	1	0	0	0	0
0304	0	1	0	1	0	1	0	0
0320	0	1	0	0	0	0	0	0
0398	0	1	0	1	0	0	0	0
Total de Acertos	1	4	1	4	0	1	0	1

Tabela 5.8: Tópicos de Língua Portuguesa

ID do Tópico	Descrição	Questão
17	Interpretação de Texto	4, 7, 8
81	Ortografia	3
91	Variação Linguística	1, 2
92	Verbo	5, 6

A Tabela 5.8 mostra o ID do tópico, sua descrição e em qual pergunta este tópico foi avaliado. Na Tabela 5.9, observamos a prioridade do tópico calculado para cada aluno, em ordem decrescente. Portanto, em seu estudo pessoal, os alunos “0322”, “0290” e “0320” devem priorizar o estudo de “Interpretação de Texto”; o aluno “0304” deve se concentrar em “Variação linguística” e o aluno “0398” precisa se concentrar em “Verbo”. Mais tarde, sugere-se aos alunos que estudem a segunda prioridade e assim por diante.

Tabela 5.9: Prioridade dos Tópicos.

ID do Estudante	Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3	Prioridade 4
0322	17	0.278	91	0.125
0290	17	0.389	92	0.375
0304	91	0.438	92	0.313
0320	17	0.500	91	0.313
0398	92	0.375	17	0.333

Com o objetivo de melhor apoiar o professor, no caso de uma aula de reforço para todos os alunos, a Tabela 5.10 mostra a prioridade de cada tópico para a turma (não para um aluno específico). Nesse caso, o tópico com alta prioridade é “Variação linguística”, seguido de “Verbo”, “Interpretação de Texto” e, finalmente, “Ortografia”.

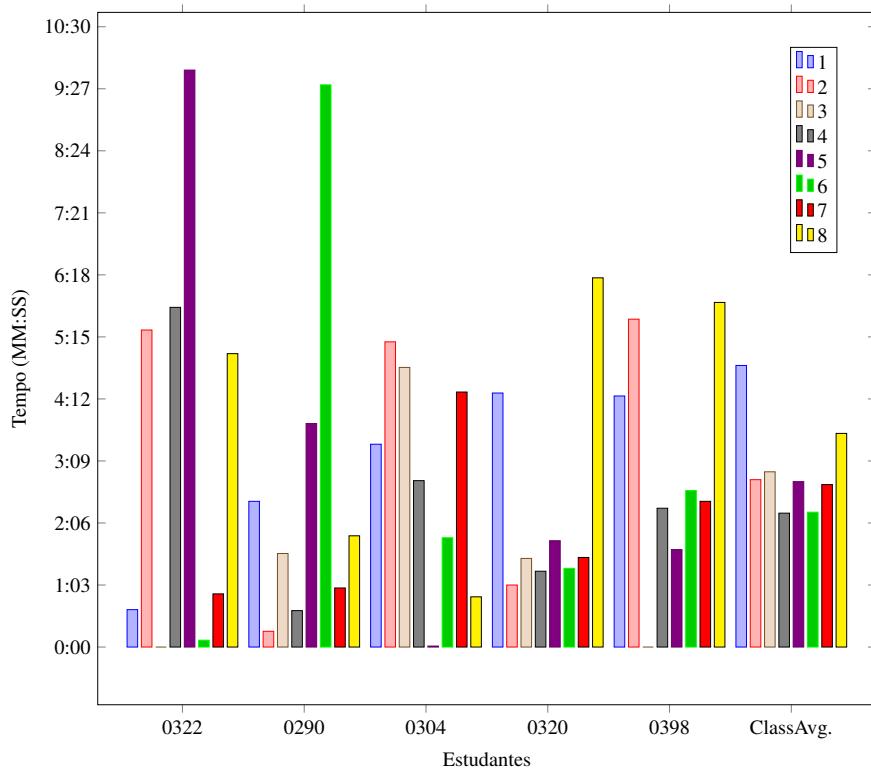
Tabela 5.10: Turma - Prioridade dos Tópicos

Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3	Prioridade 4
91	0.342	92	0.329

Prioridade 1	Prioridade 2	Prioridade 3	Prioridade 4
17	0.323	81	0.263

Ao considerar o tempo gasto por esses estudantes, analisando a Figura 5.5, podemos observar que alguns alunos responderam perguntas mais rapidamente que a média da turma. Em alguns casos, podemos pensar que era um chute. Por exemplo, no caso do estudante “0322”, questões 3 e 6; estudante “0290”, questão 2; estudante “0304”, questão 5; e estudante “0398”, questão 3.

Comparando a Tabela 5.4 e a Figura 5.5, podemos ver que na Questão 2, o estudante “0322” excedeu o tempo em 03:22 min e o estudante “0398” em 03:33 min. Da mesma forma, na Questão 8, o tempo excedido foi de 01:58 e 02:50 min, respectivamente.

Figura 5.5: Tempo gasto pelos estudantes com menor *NC*

Observando os dados desses estudantes para essas questões específicas, podemos notar que o estudante “0322” acertou a Q8, mas errou a questão 2, e o contrário aconteceu com o estudante “0398”. Assim, o tempo extra gasto nessas questões foi útil para apenas um deles. Além disso, pela Tabela 5.11, a Dúvida da Questão (*DQ*) para ambas as questões e estudantes era igual a zero, indicando que eles pensaram na resposta durante todo o tempo e responderam apenas uma vez. Apesar do baixo valor de *DQ* para essas questões, o Grau de Assertividade (que é medido para o questionário inteiro) é baixo para ambos os estudantes porque, em geral, eles erraram a maioria das questões de acordo com a métrica de *NT*.

Tabela 5.11: Dúvida da Questão - Estudantes com menor NC

Estudante	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
0322	0	0	-1	0	0	0	0	0
0290	1	0	0	0	3	10	1	0
0304	13	0	1	0	0	1	3	1
0320	0	0	0	0	0	0	0	0
0398	0	0	-1	0	0	0	0	0

5.2 Estudo de Caso

O estudo de caso consistiu em três fases, de modo que os objetivos principais e secundários fossem contemplados com os resultados obtidos em cada uma delas. Ademais, para a condução deste estudo foram realizadas as cinco atividades abaixo, onde a divisão dos grupos utilizados nos procedimentos 3 e 4 foi feita de forma aleatória:

1. Aula de conceitos básicos para o estudo do círculo trigonométrico;
2. Pré-teste: Exame avaliativo inicial aplicado a todos os estudantes;
3. Grupo N recebe uma aula com atividade de fixação tradicional;
4. Grupo T recebe uma aula com um Objeto Tangível de Aprendizagem (OTA) e um formulário de experiência do usuário sobre o uso do OTA;
5. Pós-teste: Exame avaliativo aplicado a todos os estudantes.

A Atividade 1 consistiu em uma aula tradicional com o objetivo de oferecer uma revisão introdutória para o estudo do círculo trigonométrico, baseando-se nos temas prévios indicados na sequência didática proposta por Silva (2011). O plano de aula e a apresentação em *slides* utilizados nesta atividade estão disponíveis no Apêndice B.

A condução da Atividade 2 (pré-teste), proporcionou a obtenção de parâmetros de base para as comparações da Fase 1 (Seção 5.2.1), de modo que as métricas de avaliação da aprendizagem apresentadas na Seção 4.4 servissem como instrumento para verificação e comparação da aprendizagem.

Ambas as atividades 3 e 4 são aulas cujo tema abordado é o ‘ciclo trigonométrico’, entretanto, a Atividade 3 consiste em uma aula cujos exercícios de fixação foram executados utilizando papel e caneta, enquanto na Atividade 4 foram utilizadas instâncias do objeto tangível “Quadro Trigonométrico” que implementam os mesmos exercícios da Atividade 3, contudo, cada instância do objeto tangível implementa uma parte do ciclo trigonométrico, de modo que cada exercício leva o estudante a construir uma parte do ciclo trigonométrico até que o mesmo esteja completo (com informações de ângulos, seno, cosseno e tangente).

Além disso, é importante ressaltar que a construção do conteúdo utilizado neste estudo foi baseada na sequência didática proposta por Silva (2011), que utiliza de elementos construtivistas no processo de ensino-aprendizagem de modo que, a cada exercício, os estudantes avançam um pouco mais no assunto estudado. O Apêndice C contém os planos de aula das atividades 3 (Seção C.1) e 4 (Seção C.2), os exercícios de fixação da Atividade 3 (Seção C.4) e a apresentação em *slides* utilizada em ambas as Atividades 3 e 4 (C.3).

A Atividade 4 contém cinco exercícios de fixação, conforme apresentado nos Apêndices D, E, F, G e H. Nesta atividade, será também aplicado o formulário de experiência do usuário cujos dados serão analisados na Fase 2 (Seção 5.2.4). O formulário completo está disponível no Apêndice N. Além disso, os dados coletados durante o uso do OTA forneceram insumo para as análises do estudo exploratório conduzido na Fase 3 (Seção 5.2.5) de modo que as métricas propostas nesta tese também sejam utilizadas para acompanhamento da aprendizagem dos estudantes ao longo do processo de interação com os objetos de aprendizagem.

Por fim, no Pós-teste (Atividade 5), foi novamente aplicado um exercício avaliativo para comparar os resultados de ambos os grupos de acordo com os objetivos da Fase 1 (Seção 5.2.1).

5.2.1 Fase '1' - Impacto do uso de OTA na Aprendizagem em comparação com o ensino tradicional

Tabela 5.12: Objetivos - Fase 1

Analizar	O uso de Objetos Tangíveis de Aprendizagem
Com o objetivo de	avaliar
No que diz respeito a	seu impacto sobre a aprendizagem e em comparação com ensino tradicional
No contexto	educação escolar
Do ponto de vista do	Pesquisador

Nesta fase, serão analisados os dados de pré e pós-teste para avaliar o impacto do uso de OTA sobre a aprendizagem e em comparação com ensino tradicional tendo como parâmetro as métricas Nota Tradicional, Nota Ponderada, Grau de Assertividade, Tempo de Resposta e Nível de Compreensão do Questionário, conforme apresentadas na Seção 4.4.

A Tabela 5.12 apresenta os objetivos desta fase, enquanto a Tabela 5.13 detalha as questões de pesquisa e as respectivas métricas utilizadas, de acordo com a metodologia GQM (*Goal Question Metric*) (Basili *et al.*, 1994).

Por esta fase ter um caráter mais experimental, também foram definidas hipóteses nulas (H01 e H02) e alternativas (HA1 e HA2) para que fosse possível verificar se os objetivos definidos foram alcançados.

Formalmente, as hipóteses nula e alternativa analisadas na Subseção 5.2.2 são as seguintes:

Tabela 5.13: Questões (Q) e Métricas(M) - Fase 1

Item	Questão	Métrica
1	Qual a relação entre a quantidade de respostas corretas e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?	Nota Tradicional
2	Qual a relação entre a quantidade de respostas mais próximas ao correto e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?	Nota Ponderada
3	Qual a relação entre a quantidade de respostas dadas pelos estudantes e a quantidade de respostas corretas no pré e no pós teste de cada grupo?	Grau de Assertividade
4	Qual o tempo gasto pelos estudantes para responder às questões no pré e pós teste?	Tempo de Resposta
5	Qual o nível de compreensão dos estudantes levando em consideração o nível de dificuldade do conteúdo avaliado e o tempo gasto nas respostas no pré e no pós teste?	Nível de Compreensão

- **H01:** O uso de OTA não impacta positivamente a aprendizagem de relações no círculo trigonométrico
- **HA1:** O uso de OTA impacta positivamente a aprendizagem de relações no círculo trigonométrico

Além disso, as hipóteses nula (*H02*) e alternativa (*HA2*) verificadas na Subseção 5.2.3 são as seguintes:

- **H02:** Não há diferença em termos de eficiência no impacto do ensino-aprendizagem entre o uso de OTA e o ensino tradicional
- **HA2:** O uso de OTA é mais eficiente do que o ensino tradicional para a aprendizagem

5.2.2 Sobre o impacto do uso de objeto tangível na aprendizagem

Nesta subseção, verificaremos se a hipótese nula (*H01*) é confirmada ou refutada, isto é, se o uso de objetos tangíveis de aprendizagem impacta negativamente no processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, se a hipótese nula for rejeitada, então, a hipótese alternativa (*HA1*) será confirmada, o que implicará que a utilização de recursos educacionais tangíveis tais como propostos neste trabalho tem influência positiva sobre a aprendizagem dos estudantes.

Tendo como referência a Tabela 5.13, iremos utilizar as métricas escolhidas para verificar se houve melhora ou piora a partir da comparação dos resultados de ambos os testes dos participantes do Grupo T, que recebeu o tratamento com objeto tangível. Assim, as Tabelas 5.14 e 5.15 apresentam os resultados de pré e pós-testes, respectivamente.

Tabela 5.14: Grupo T - Pré-Teste

Participante	NT	NP	A	NC	TR
T01	0.267	0.467	0.286	0.238	324
T02	0.200	0.350	0.100	0.291	799
T03	0.000	0.233	0.000	0.250	696
T04	0.267	0.367	0.267	0.295	748
T05	0.200	0.417	0.176	0.343	875
T06	0.267	0.500	0.222	0.459	998
T07	0.200	0.367	0.200	0.229	534
T08	0.667	0.800	0.588	0.685	1583
T09	0.200	0.433	0.136	0.400	527
T10	0.267	0.467	0.250	0.327	563
Média do Grupo	0.253	0.440	0.223	0.352	764.700

Como pode ser observado na Tabela 5.14, o pré-teste contou com 10 participantes, de modo que a média da Nota Tradicional foi 0.253, a média da Nota Ponderada foi 0.440, a média do Grau de Assertividade foi 0.223, a média do Nível de Compreensão do Questionário foi 0.352 e a média do tempo de resposta foi 764.700 segundos (aproximadamente 12'45").

Devido ao fato de que somente um participante não concluiu o experimento (em todas as fases), o total de elementos na amostra apresentada na Tabela 5.15 é igual a nove, onde a média da Nota Tradicional foi 0.674, a média da Nota Ponderada foi 0.774, a média do Grau de Assertividade foi 0.603, a média do Nível de Compreensão do Questionário foi 0.644 e a média do tempo de resposta foi 1321.778 segundos.

Tabela 5.15: Grupo T - Pós-Teste

Participante	NT	NP	A	NC	TR
T01	-	-	-	-	-
T02	0.667	0.750	0.556	0.700	1679
T03	0.333	0.483	0.278	0.433	1283
T04	0.800	0.883	0.750	0.565	997
T05	0.800	0.867	0.667	0.769	1924
T06	0.600	0.733	0.474	0.659	1438
T07	0.667	0.767	0.667	0.594	640
T08	1.000	1.000	0.938	0.844	1206
T09	0.467	0.650	0.368	0.501	1092
T10	0.733	0.833	0.733	0.732	1637
Média do Grupo	0.674	0.774	0.603	0.644	1321.778

Além disso, ao observar as métricas NT, NP, A e NC em ambas as tabelas, pode-se notar que os resultados de todos os participantes aumentou no pós-teste, em relação ao pré-teste, de modo que os participantes com maior aumento em cada métricas foram: *T05* teve um aumento de 300% em relação a Nota Tradicional do pré-teste, *T04* teve um aumento de 140% em relação a Nota Ponderada do pré-teste, *T02* teve um aumento de 455.56% no Grau de Assertividade e *T07* teve 158.69% de aumento do Nível de Compreensão. Com exceção do participante *T08*, que reduziu o

Tempo de Resposta em 23.82% do pré-teste para o pós-teste, todos os outros participantes tiveram aumento no tempo de resposta, onde T10 foi quem teve maior aumento (190.76%).

5.2.2.1 Questões de Pesquisa

A seguir, as questões de pesquisa serão respondidas de modo a verificar o impacto da aprendizagem com o uso do objeto tangível construído com o modelo proposto.

Questão 1: Qual a relação entre a quantidade de respostas corretas e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?

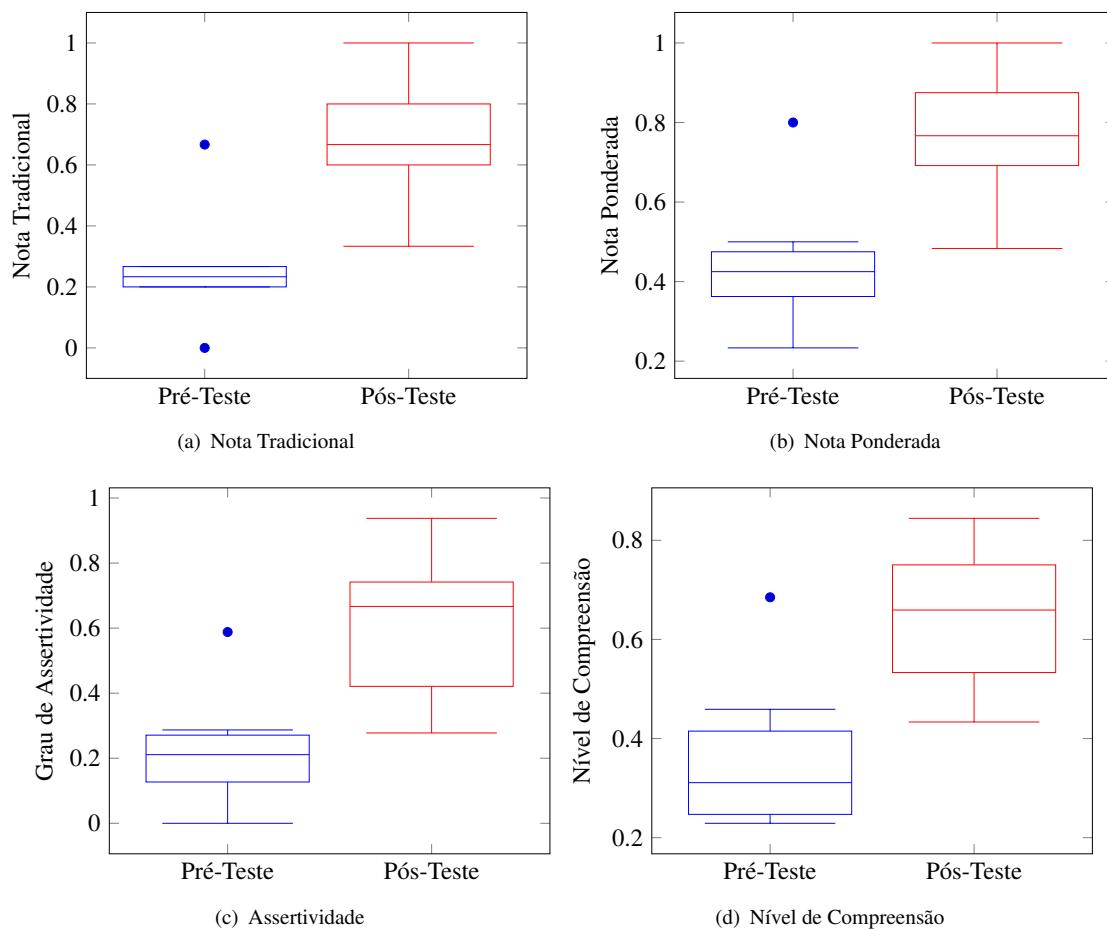


Figura 5.6: Grupo T: NT, NP, A e NC do Pré e Pós-Teste

O gráfico da Figura 5.6(a) resume a evolução dos participantes tomando por base a métrica Nota Tradicional, de modo que é possível observar que os valores obtidos no pós-teste são maiores que os valores do pré-teste. Em termos percentuais, houve um aumento de 166.08% no valor médio da Nota Tradicional para o grupo, onde o intervalo do primeiro e terceiro quartis do pré-teste está entre 0.200 e 0.267 e do pós-teste está entre 0.600 e 0.800.

Além disso, para o pré-teste, os valores mínimo e máximo (desconsiderando os *outliers*) são os mesmos valores dos quartis, enquanto para o pós-teste, esses valores são 0.333 e 1.000, que

correspondem aos valores mínimo e máximo da amostra. Desse modo, é possível notar na Figura 5.6(a) que o valor mínimo do gráfico de caixa do pós-teste é maior do que o valor máximo do pré-teste.

Por fim, é importante salientar que o *outlier* do pré-teste (participante T08) foi o único cujo Tempo de Resposta do pós-teste mostrou-se menor do que o tempo do pré-teste, o que corrobora os indícios de que este indivíduo possuía conhecimento prévio sobre o assunto abordado no experimento.

Questão 2: Qual a relação entre a quantidade de respostas mais próximas ao correto e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?

A Figura 5.6(b) apresenta o gráfico de caixa correspondente aos pré e pós-teste da Nota Ponderada, onde é possível observar um aumento da média ponderada da turma de modo que a nota mínima do pós-teste (0.4833) é aproximadamente 3% menor do que o limite superior (0.5000) do pré-teste. De um modo geral, a distribuição da turma no pós-teste ficou entre 0.6917 (1º Quartil) e 0.8750 (3º Quartil), que corresponde ao intervalo no qual está situado o *outlier* do pré-teste.

De maneira geral, considerando a média do grupo em ambos os testes, houve um aumento de 75.93% na Nota Ponderada, o que corrobora as observações anteriores a respeito de uma melhoria no desempenho dos participantes. Além disso, é importante salientar que esta métrica leva em consideração o quão próximo da resposta correta o participante chegou, de modo que ela fornece uma melhor percepção do aprendizado do que a Nota Tradicional.

Em termos de comparação entre métricas, a mediana do pré-teste da nota ponderada foi 0.4250, enquanto a mediana do pós-teste foi de 0.7667 e a mediana da nota tradicional no pré-teste foi 0.233 e do pós-teste foi 0.667, respectivamente. Assim, a mediana da turma na NT teve um aumento de 185.71% e na NP teve um aumento de 80.39%.

Questão 3: Qual a relação entre a quantidade de respostas dadas pelos estudantes e a quantidade de respostas corretas no pré e no pós teste de cada grupo?

O Grau de Assertividade é uma métrica que mede a autoconfiança do participante com relação à correção das respostas dadas em uma atividade avaliativa, de modo é levado em consideração a quantidade de alteração nas respostas das questões de uma avaliação em relação ao total de respostas corretas.

A Figura 5.6(c) resume os dados da coluna ‘A’ das Tabelas 5.14 e 5.15, de modo que é possível verificar visualmente que houve uma melhoria na autoconfiança da turma no pós-teste. Além disso, é interessante notar que o grau de assertividade do grupo testado aumentou em 171.06% com relação ao pré-teste (de 0.223 para 0.644).

No mesmo gráfico, observa-se que o intervalo da caixa varia de 0.127 a 0.271, enquanto a mediana está situada em 0.211 e os limites mínimo e máximo são 0.000 e 0.286, respectivamente, para o pré-teste. Por outro lado, como resultado do pós-teste, a caixa varia de 0.410 a 0.7417, com mediana em 0.6667 e limites mínimo e máximo 0.2778 e 0.9375, respectivamente.

Assim com nos gráficos representantes da turma nas métricas abordadas anteriormente, o *outlier* permaneceu sendo o participante T08, uma vez que seu desempenho no pré-teste foi superior em relação aos acertos e proximidade da resposta correta. Entretanto, foi também o participante com menor aumento de Assertividade (59.38%), abaixo da média da turma, esse fato fornece indícios de que o uso do objeto tangível ajudou a esclarecer eventuais dúvidas existentes com relação ao conteúdo avaliado pelo pré-teste (cuja assertividade foi de 0.588, por tanto, acima da média da turma).

Questão 4: Qual o tempo gasto pelos estudantes para responder às questões no pré e pós teste?

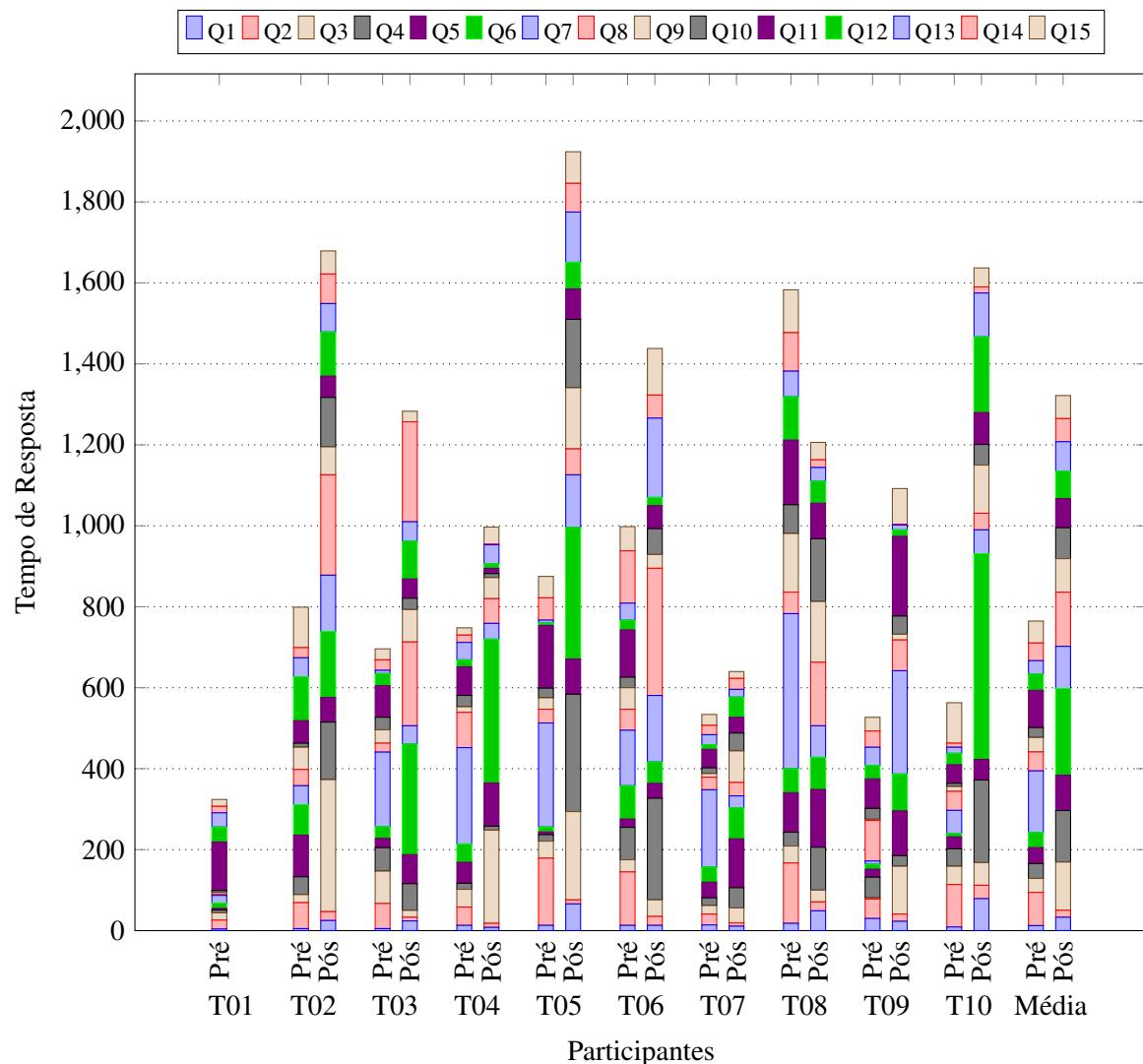


Figura 5.7: Grupo T - Tempo de Resposta no Pré e Pós-Teste

As Tabelas 5.14 e 5.15 apresentam os valores de TR para cada teste, enquanto a Figura 5.7 detalha os tempos de resposta dos participantes em ambos os testes por questão, de modo que é possível notar o aumento do tempo de uma questão para outra em cada participante. Além disso, é importante ressaltar que o participante T01 possui somente a barra do pré-teste porque este indivíduo não participou do pós-teste.

É importante notar que a média do tempo de resposta do Grupo T aumentou 72.85% em relação ao pré-teste, de modo que os participantes levaram mais tempo para responder às questões do pós-teste, o que indica que, uma vez executadas as atividades propostas com o objeto tangível, os participantes foram capazes de refletir e ponderar mais sobre as respostas das questões do teste.

Com relação ao tempo de cada questão, com exceção das questões Q2, Q7 e Q11, houve um aumento no tempo médios de resposta do grupo avaliado para todas as questões, onde as questões Q2 e Q11 correspondem ao mesmo tópico avaliado ('Quadrante no círculo trigonométrico') e a Q7 corresponde ao tópico 'Radianos'. Por outro lado, as questões com maior aumento percentual médio no tempo foram Q4 (246.65%), Q3 (245.25%), Q6 (474.37%) e Q10 (213.30%), onde Q3, Q4 e Q6 estão relacionadas ao tópico 'Radianos' e Q10 ao tópico 'Quadrante no círculo trigonométrico'.

Assim, observou-se que o tópico relacionado aos conteúdo de radianos, cujas questões implicavam em operações matemáticas com a técnica 'Regra de 3' para realizar conversões de graus pra radianos ou vice-versa, foram as que os participantes necessitaram de mais tempo para encontrar a solução.

Questão 5: Qual o nível de compreensão dos estudantes levando em consideração o nível de dificuldade do conteúdo avaliado e o tempo gasto nas respostas no pré e no pós teste?

Conforme apresentado na Seção 4.4.2.3, o nível de compreensão mede o entendimento do aluno baseado na Equação 4.8, que leva em consideração os índices de dificuldade da questão, do conteúdo (tópico), o tempo gasto e o grau de assertividade da resposta.

Assim, a Figura 5.6(d) apresenta um resumo estatístico das Tabelas 5.14 e 5.15, onde é possível notar que Nível de Compreensão segue a tendência das demais métricas na qual está baseado, isto é, Nota Ponderada e Assertividade, de modo que houve uma melhora no desempenho do grupo com relação ao pré-teste, inclusive, considerando que o tempo de resposta médio foi maior no pós-teste.

Comparando o gráfico de caixa do Nível de Compreensão com a Nota Tradicional e a Nota Ponderada, pode-se notar que, para o grupo analisado, esta métrica apresenta um meio termo entre as médias dos participantes, de modo que a nota não é tão baixa quanto da nota tradicional (que considera somente certo ou errado) e nem tão alta quanto da nota ponderada (que considera somente a proximidade da resposta correta esperada).

Em termos numéricos, no pré-teste, a caixa do Grupo T varia de 0.247 a 0.415 com mediana em 0.311, enquanto no pós-teste varia de 0.533 a 0.750 com mediana em 0.659 (aumento de 111.86% no pós-teste). Além disso, no pré-teste, a mínima e a máxima estão em 0.229 e 0.459, respectivamente, e no pós-teste estão em 0.433 e 0.844. De um modo geral, observou-se um aumento de 83.14% na média do nível de compreensão do Grupo T.

5.2.2.2 Hipóteses H01 e HA1

Conforme apresentado na Tabela 5.12, a proposta desta primeira parte da Fase 1 foi avaliar experimentalmente se há indícios de que um objeto de aprendizagem tangível baseado no modelo proposto nesta tese seria ou não eficaz com relação ao aprendizado dos participantes, o que foi traduzido pela hipótese nula *H01* através da seguinte sentença “O uso de OTA não impacta positivamente a aprendizagem de relações no círculo trigonométrico”.

Assim, tomando como parâmetro as métricas e questões apresentadas na Tabela 5.13 e a discussão feita nesta seção, os indícios apontam para a rejeição da hipótese *H01*, de modo que os dados coletados sugerem uma confirmação da hipótese alternativa *HA1*, isto é, que “o uso de OTA impacta positivamente a aprendizagem de relações no círculo trigonométrico”.

5.2.3 Comparação entre o uso de objeto tangível e o ensino tradicional

Nesta subseção, verificaremos se a hipótese nula (*H02*) é confirmada ou refutada, isto é, se o uso de objetos tangíveis de aprendizagem é menos eficiente do que o ensino tradicional quando utilizado ao longo processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, se a hipótese nula for rejeitada, então, a hipótese alternativa (*HA2*) será confirmada, o que implicará que a utilização de recursos educacionais tangíveis tais como propostos neste trabalho são mais eficientes sobre a aprendizagem dos estudantes do que o ensino tradicional.

Assim como na Seção 5.2.2, nesta seção, iremos utilizar as métricas e questões apresentadas na Tabela 5.13, para comparar os diferentes tratamentos utilizados com os grupos A e B nas diversas atividades, onde o Grupo N recebeu como tratamento uma aula com atividade de fixação tradicional, tal como apresentada no Apêndice C.4 e o Grupo T fez a aula cuja atividade de fixação utilizou os objetos tangíveis, tal como propostos nos Apêndices D, E, F, G, H.

Tabela 5.16: Grupo N - Pré-Teste

Participante	NT	NP	A	NC	TR
N01	0.200	0.383	0.130	0.387	1153
N02	0.333	0.550	0.943	0.352	963
N03	0.267	0.500	0.190	0.450	727
N04	0.267	0.400	0.222	0.251	624
N05	0.267	0.600	0.211	0.492	573
N06	0.133	0.417	0.111	0.308	580
N07	0.133	0.417	0.111	0.339	2007
N08	0.133	0.450	0.133	0.369	726
N09	0.200	0.350	0.136	0.258	811
N10	0.200	0.383	0.158	0.380	781
N11	0.200	0.400	0.214	0.195	721
N12	0.133	0.317	0.125	0.205	762
N13	0.133	0.367	0.118	0.361	702
Média do Grupo	0.200	0.426	0.216	0.334	856.154

Assim, as Tabelas 5.16 e 5.17 apresentam, respectivamente, os resultados de pré-teste e pós-teste dos participantes do Grupo N, de modo que é possível observar uma melhora nos resultados do grupo após a intervenção com exercício de fixação baseado no ensino tradicional. Por exemplo, observando média do grupo na Nota Tradicional, houve um aumento de 191.67% do pós-teste (0.583) em relação ao pré-teste (0.200).

Tabela 5.17: Grupo N - Pós-Teste

Participante	NT	NP	A	NC	TR
N01	-	-	-	-	-
N02	0.867	0.900	0.262	0.599	2021
N03	0.333	0.533	0.474	0.584	1743
N04	0.733	0.800	0.733	0.734	2310
N05	0.733	0.850	0.100	0.284	803
N06	0.133	0.367	0.933	0.830	508
N07	0.800	0.900	0.619	0.831	1958
N08	0.200	0.483	0.571	0.705	2207
N09	0.133	0.350	0.111	0.393	642
N10	0.933	0.967	0.579	0.737	709
N11	0.733	0.850	0.167	0.435	960
N12	0.600	0.650	0.263	0.505	708
N13	0.800	0.883	0.632	0.800	2257
Média do Grupo	0.583	0.711	0.454	0.620	1402.167

Com relação à média da Nota Ponderada, houve um aumento de 67.07% do pré-teste (0.426) para o pós-teste (0.711). Além disso, a média do Grau de Assertividade do Grupo N teve um aumento de 110.35% do pré-teste (0.216) para o pós-teste (0.454) e, considerando a média do Nível de Compreensão, o Grupo N teve aumento de 85.41% do pós-teste (0.620) para o pré-teste (0.334). Por fim, a média do Tempo de Resposta também sofreu aumento, nesse caso, de 63.78% do pré-teste (856.154 segundos) para o pós-teste (1402.167 s).

É importante notar que tal como no Grupo T, também houve diminuição de participantes ao longo das execução das atividades, de modo que o pré-teste contou com a participação de 13 indivíduos e o pós-teste com 12 indivíduos. Essa diminuição na quantidade de participantes se deu por fatores alheios ao experimento, de modo que foram relatados problemas com transporte, chuva forte ou adoecimento.

Nesta breve descrição dos resultados do Grupo N, pode-se notar uma semelhança inicial com o comportamento do Grupo T apresentado na Seção 5.2.2, onde o desempenho de ambos os grupos considerando as métricas *NT*, *NP*, *A* e *NC* foi melhorando ao longo das atividades do experimento e o tempo de resposta (*TR*) foi aumentando.

5.2.3.1 Questões de Pesquisa

A seguir, responderemos às questões de pesquisa de modo a comparar e diferenciar os resultados de ambos os grupos e verificar qual hipótese é apoiada pelos dados coletados.

Questão 1: Qual a relação entre a quantidade de respostas corretas e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?

Na Figura 5.6(a) da seção 5.2.2 foram analisados os gráficos de caixa correspondentes a Nota Tradicional do pré e pós-teste do Grupo T, onde foram encontradas as primeiras evidências de que a aplicação do método usando objetos tangíveis teve um impacto positivo na aprendizagem. Assim, na Figura 5.10, retomamos estes gráficos para comparar com os gráficos correspondentes do Grupo N que foi o grupo de controle, tendo recebido inicialmente somente a aula com o exercício de fixação tradicional, conforme o Plano de Aula e Exercícios apresentados nas Seções C.1 e C.4 do Apêndice C).

Comparando os gráficos de pré-teste de ambos os grupos, nota-se que as notas dos participantes do Grupo T tem uma distribuição menor (0.200 a 0.267) do que o Grupo N (0.133 a 0.267) e, embora o gráfico do Grupo T não tenha cauda, o do Grupo N tem uma cauda com o limite superior em 0.333. É importante salientar que o limite superior da caixa de ambos os grupos é o mesmo (0.267), embora o limite inferior do Grupo N seja mais baixo do que o do Grupo T, indicando que o Grupo N teve um desempenho prévio inferior ao Grupo T. Em termos percentuais, a média da nota tradicional do Grupo T (0.253) no pré-teste foi 26.67% superior a média do Grupo N (0.200).

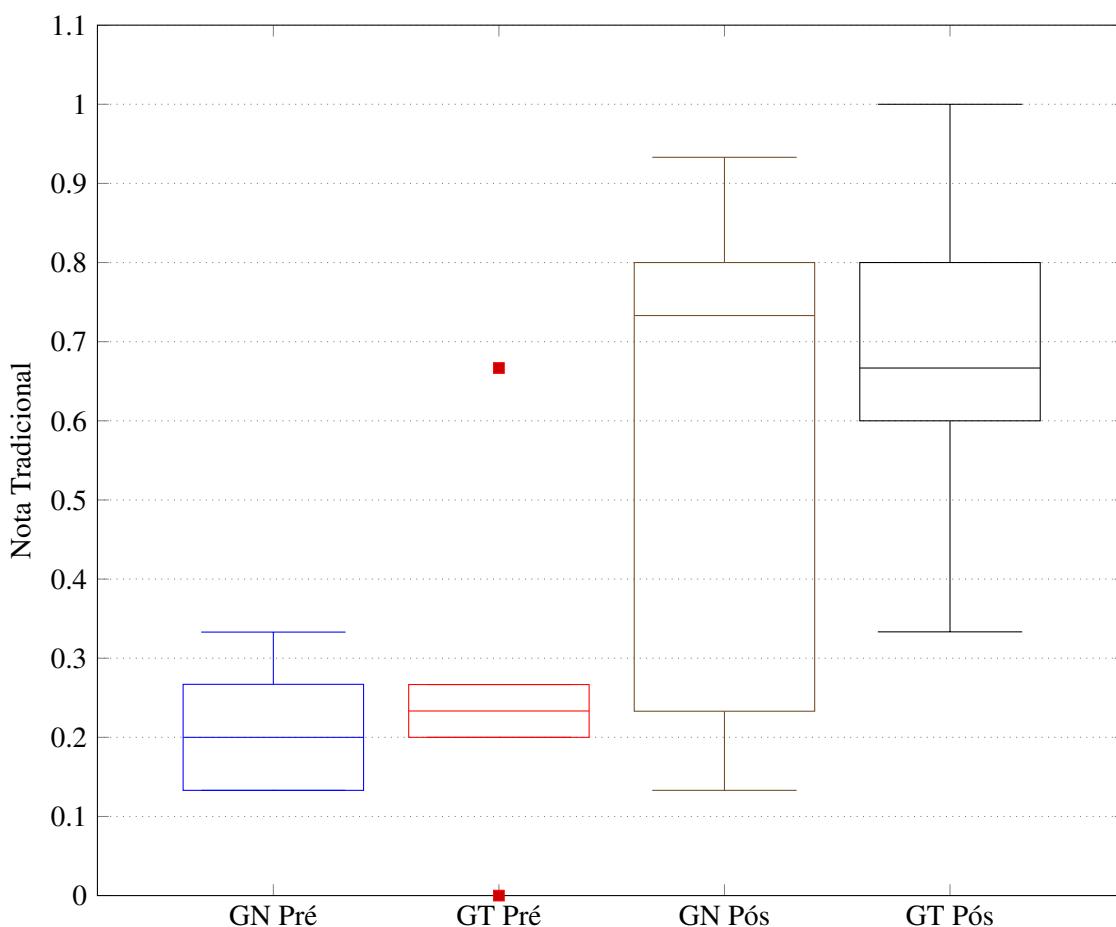


Figura 5.8: NT - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T

Ao observar os gráficos correspondentes ao pós-teste dos dois grupos(GN Pós e GT Pós), pode-se verificar que o Grupo T mantém um desempenho superior ao Grupo N, de modo que os limites inferiores da cauda são 0.1333 e 0.333 e os limites superiores da cauda são 0.933 e 1.000 para os Grupos N e T, respectivamente. Além disso, com relação à caixa do gráfico, houve um aumento no distanciamento do limite mínimo dos grupos, antes da distância era de 0.067 pontos, onde o valor do Grupo T era 50.37% maior do que o valor do Grupo N e, após os exercícios de fixação, essa distância passou a ser de 0.333 pontos, onde o valor do 1º quartil do Grupo T passou a ser 128.75% maior do que o do Grupo N.

Embora o limite superior da caixa (3º quartil) seja o mesmo para os dois grupos (0.800) e a mediana do Grupo N (0.733) seja maior do que a mediana do Grupo T (0.667), como o limite inferior do Grupo T é maior, este grupo possui uma variação menor dos valores, de modo que um percentual maior de participantes deste grupo obteve uma média acima de 0.500, isto é, 50% do valor máximo. Assim, observando as tabelas 5.15 e 5.17, pode-se observar que 66.67% dos participantes do Grupo N obtiveram nota acima de 0.500 no pós-teste, enquanto para o Grupo T, este percentual foi de 77.78%. Além disso, comparando a média das notas dos grupos no pós-teste, verificou-se que, no pós-teste, houve uma diminuição da vantagem do Grupo T, em relação ao Grupo N, onde o valor médio do Grupo T foi 0.674 e do Grupo N foi 0.583, de modo que o Grupo T obteve uma média 15.56% maior do que o Grupo N.

Por fim, pode-se considerar que a comparação dos dados da nota tradicional destes grupos não possibilitou uma resposta definitiva para a questão de pesquisa e refutação da hipótese nula, uma vez que embora tenha havido aumento na distância entre os limites inferiores dos gráficos de caixa dos grupos evidenciando uma melhoria nas notas mais baixas do Grupo T em relação ao Grupo N, houve também uma maior melhoria no desempenho do Grupo N, que não recebeu tratamento com o objeto tangível.

Questão 2: Qual a relação entre a quantidade de respostas mais próximas ao correto e o total de questões avaliadas no pré e no pós teste de cada grupo?

Com relação à Nota Ponderada, comparando os gráficos de caixa dos Grupos N e T, é possível notar visualmente que os grupos A e B tiveram um desempenho muito similar no pré-teste, uma vez que apesar dos limites inferior e superior das caudas do gráfico do Grupo N (0.317 e 0.600) serem maiores do que os mesmos limites do gráfico do Grupo T (0.233 e 0.500), as caixas de ambos os grupos possuem quase o mesmo tamanho e limites inferiores e superiores muito próximos, de modo que os limites inferior e superior do Grupo N são 0.375 e 0.475, enquanto os limites do Grupo T são 0.363 e 0.475. Além disso, a mediana dos grupos são 0.400 e 0.425, respectivamente. Em termos percentuais, o Grupo T teve um desempenho 3.37% superior ao Grupo N.

É interessante recordar que a nota ponderada mede o quanto próximo da resposta correta está uma resposta dada pelo estudante, de modo que é uma medida mais interessante, especialmente, quando se quer comparar o quanto dois estudantes (ou dois grupos de estudantes) estão longe entre si e do conhecimento esperado sobre um determinado tópico de estudo. Assim, embora os valores obtidos através da nota tradicional supostamente indiquem um melhor desempenho geral do Grupo T em

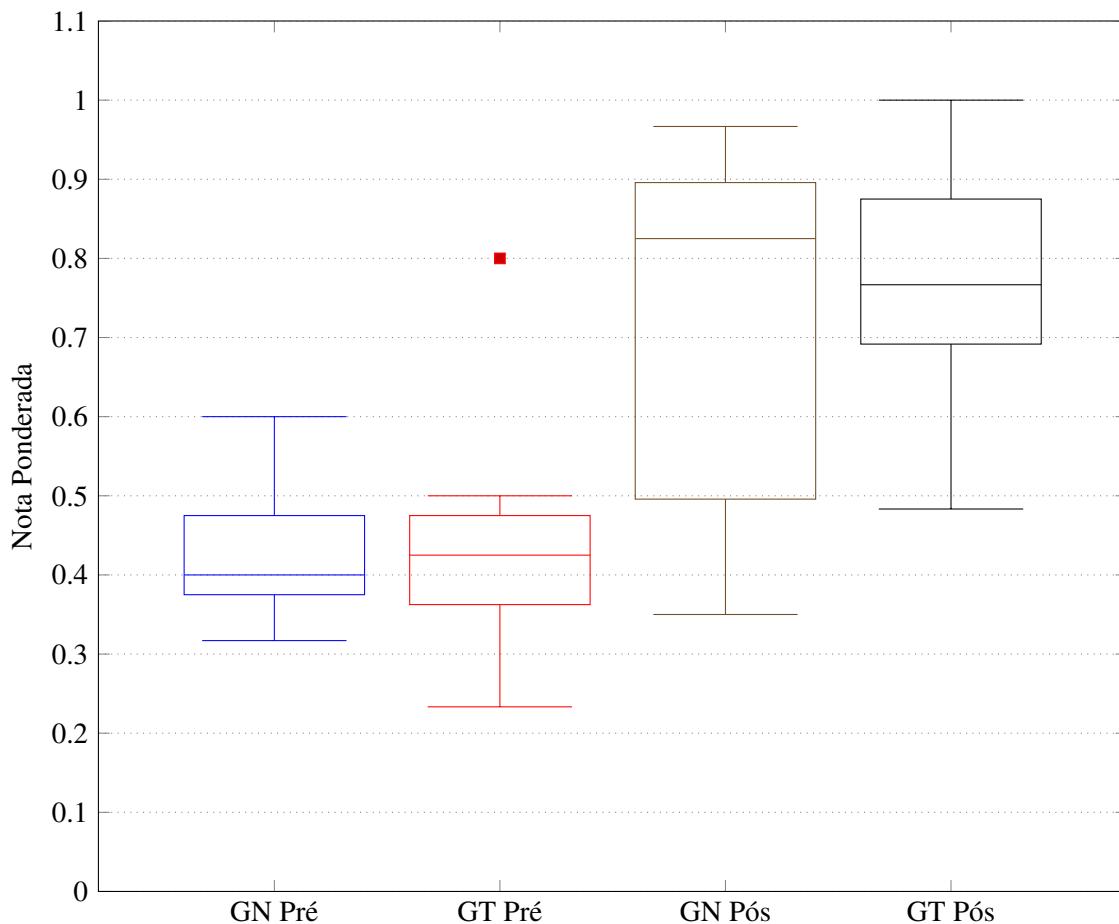


Figura 5.9: NP - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T

relação ao Grupo N, através da nota ponderada, podemos observar que a média da distância do conhecimento esperado de ambos os grupos é muito próxima, de modo que esta métrica parece ser mais promissora do que a métrica anterior para auxiliar na resposta a questão de pesquisa.

Por conseguinte, com relação aos gráficos de pós-teste dos dois grupos estudados, pode-se observar que o Grupo N tem um gráfico com uma distribuição maior, isto é, com limites inferiores e superiores mais distantes entre si, o que implica que os participantes do Grupo T estão mais próximos entre si do que os participantes do Grupo N.

Em termos numéricos, os limites inferiores da cauda dos gráficos dos Grupos N e T são 0.350 e 0.483, enquanto os limites superiores são 0.967 e 1.000, respectivamente. Além disso, os valores de mediana são 0.825 para o Grupo N e 0.767 para o Grupo T, enquanto os valores das caixas são 0.496 e 0.896 para o Grupo N e para o Grupo T são 0.692 e 0.875.

Em termos percentuais, a média da nota ponderada do Grupo T (0.774) no pós-teste foi 8.85% maior do que a média do Grupo N (0.711), indicando um aumento na distância entre os grupos, quando comparado com o pré-teste, dando os primeiros indícios de que o uso de objetos tangíveis de acordo com o proposto neste trabalho pode ser mais eficiente para a aprendizagem do que o ensino tradicional.

Além disso, ao se comparar os dados das tabelas 5.14 e 5.16, referentes ao pré-teste de ambos os grupos, tem-se que o Grupo N obteve 23.08% de alunos com notas acima de 0.500, enquanto o Grupo T teve 20% de alunos com esse mesmo desempenho, reforçando a similaridade entre os grupos. Em contrapartida, de acordo com os dados das tabelas 5.15 e 5.17, é possível notar que o Grupo T teve um desempenho superior ao Grupo N, uma vez 88.89% dos participantes deste grupo obtiveram nota ponderada superior a 50% do máximo, enquanto do outro grupo cerca de 75% dos participantes obtiveram o mesmo desempenho.

Questão 3: Qual a relação entre a quantidade de respostas dadas pelos estudantes e a quantidade de respostas corretas no pré e no pós teste de cada grupo?

Analizando os gráficos de caixa da Assertividade na Figura 5.10 com relação ao pré-teste, pode-se notar que o Grupo N possui uma variação menor do que o Grupo T, uma vez que tanto a altura da caixa (0.121 a 0.212) quanto dos limites inferior (0.111) e superior (0.222) das caudas do gráfico do Grupo N estão muito próximos entre si. Além disso, embora a mediana do Gráfico B (0.211) seja 55.14% superior ao valor da mediana do Grupo N (0.136), o valor do 1º quartil de ambos os grupos é muito próximo (0.121 e 0.127) e, de acordo com as Tabelas 5.14 e 5.16, o valor médio a Assertividade do Grupo T (0.223) é somente 3.19% maior do que o valor médio do Grupo N (0.216).

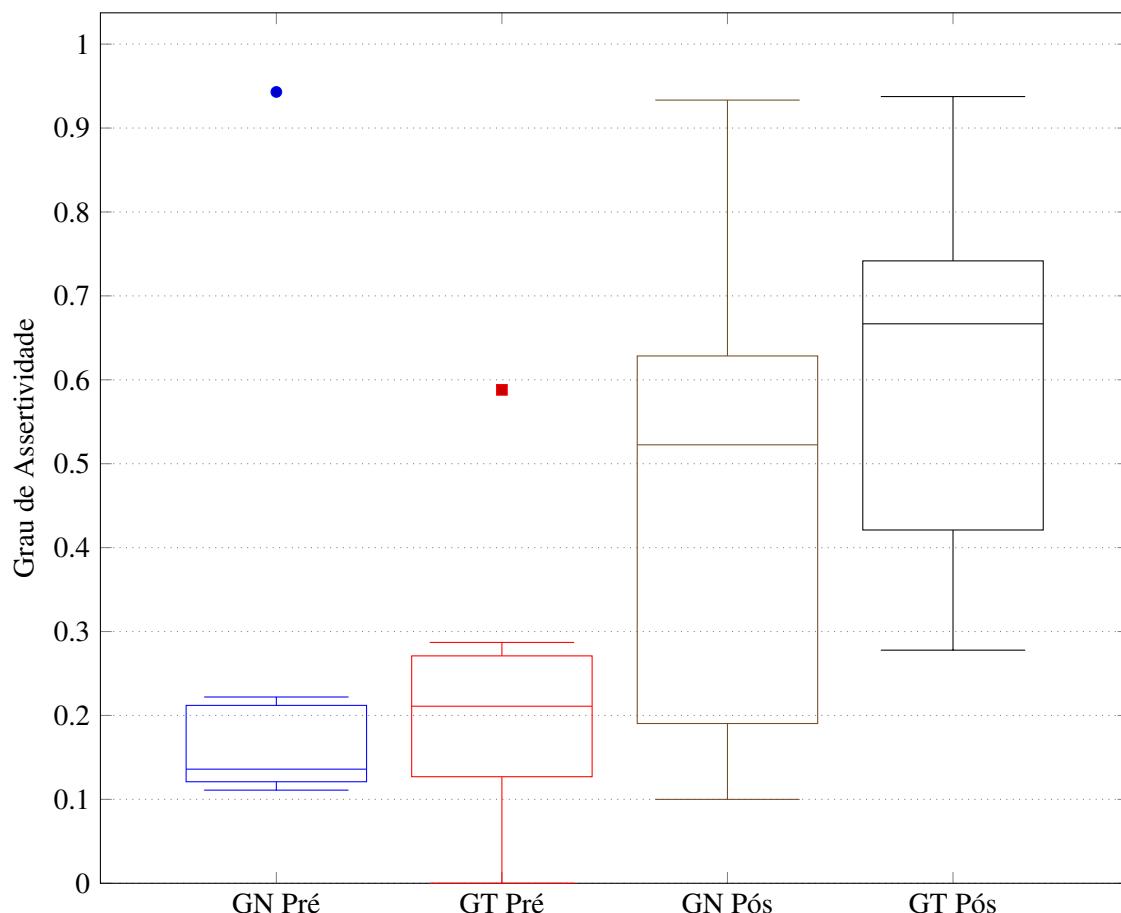


Figura 5.10: A - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T

Com relação aos gráficos do pós-teste de ambos os grupos, é possível notar que os dois grupos possuem um limite superior de cauda muito próximo (0.933 para o Grupo N e 0.938 para o Grupo T), além de que com relação ao limite superior da caixa, houve uma redução da diferença entre os dois grupos, de modo que, no pré-teste, o Grupo T (0.271) tinha um valor 27.83% superior ao Grupo N (0.212) e essa diferença passou a ser de 18.15%, levando em consideração que o limite do Grupo T foi de 0.742 e do Grupo N foi de 0.628, indicando que ambas as abordagens conseguiram elevar os valores máximos, onde a abordagem tradicional demonstrou alguma eficiência, uma vez que essa diferença de limite superior diminuiu.

Entretanto, ao comparar os limites inferiores da cauda e da caixa, nota-se que o Grupo T teve maior aumento do que o Grupo N nesse sentido, uma vez que o limite inferior da cauda do Grupo N no pré-teste foi 111% maior do que o correspondente do Grupo T, enquanto no pós-teste o limite inferior da cauda do gráfico do Grupo T (0.278) passou a ser 178% maior do que o limite do Grupo N (0.100). E, com relação ao limite inferior da caixa, o Grupo T (0.421) teve um valor 121.57% maior do que o valor do Grupo N (0.190). Além disso, observa-se que a variação do gráfico de pós-teste do Grupo N é maior do que a do Grupo T, de modo que esses elementos apontam para evidências de que o uso do objeto tangível colaborou com uma melhoria na autoconfiança dos participantes do Grupo T, uma vez que acertaram mais questões com menos troca de resposta do que o Grupo N.

Por fim, através dos dados de média do nível de assertividade relativos ao pós-teste (Tabelas 5.15 e 5.17), verificou-se que a média da Assertividade do Grupo T aumentou de 3.19% para 32.98% maior do que a média do Grupo N.

Questão 4: Qual o tempo gasto pelos estudantes para responder às questões no pré e pós teste?

A Figura 5.11 condensa os dados de tempo de resposta dos participantes de modo que é possível comparar os grupos de acordo com a distribuição dos gráficos de caixa. Observando os valores de mediana de todos os gráficos, é possível notar que não há uma diferença substancial entre os tempos de resposta dos grupos levando em consideração os pré e pós-teste, por exemplo, com relação ao pré-teste as medianas dos Grupos N e T são 727 e 722, respectivamente, enquanto com relação ao pós-teste as medianas correspondem aos pontos 1351.5 e 1283.

De modo geral, no pós-teste, o tempo de resposta dos participantes do Grupo N demonstrou estar mais disperso (limite inferior da caixa é 708.25 e limite superior 2160.5) do que o tempo dos participantes do Grupo T (limite inferior da caixa é 1044.5 e limite superior 1658), o que fornece indícios (não conclusivos) de que o uso dos objetos tangíveis pode ter ajudado o Grupo T a ser um pouco mais uniforme com relação ao tempo gasto respondendo o teste.

Por fim, é importante notar que ambos os grupos tiveram aumento no tempo de resposta no pós-teste e, uma vez que o valor inicial da mediana do pré-teste dos grupos foi muito próximo (5 segundos de distância), pode-se afirmar que o Grupo T tendeu a responder o pós-teste mais rápido do que

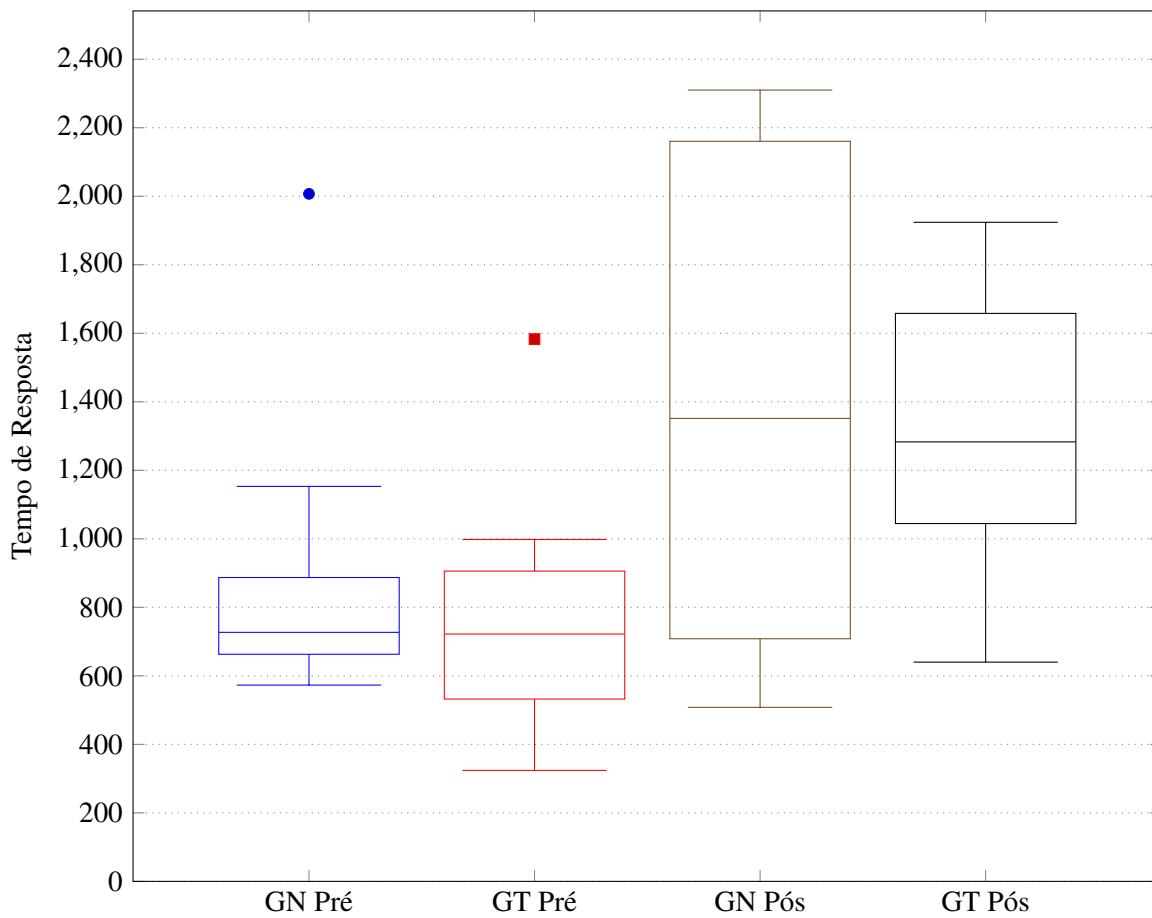


Figura 5.11: TR - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T

o Grupo N, visto que a mediana do pós-teste do Grupo N foi 85.90% maior do que a mediana do pré-teste, enquanto a mediana do Grupo T foi 77.70% maior no pós-teste do que no pré-teste.

Questão 5: Qual o nível de compreensão dos estudantes levando em consideração o nível de dificuldade do conteúdo avaliado e o tempo gasto nas respostas no pré e no pós teste?

Os gráficos de caixa do pré-teste da Figura 5.12 demonstram visualmente que os valores inferiores, medianas e superiores dos Grupos N e T não estão afastados, uma vez que com exceção do *outlier* em 0.685, todos os participantes estão compreendidos no intervalo de 0.195 a 0.492, de modo que os limites inferiores da cauda são 0.195 e 0.229, respectivamente, e os limites mínimos da caixa (1º quartil) são 0.225 e 0.247.

As medianas dos dois grupos estão em 0.352 e 0.311, de modo que a mediana do Grupo N é 13.18% maior do que a mediana do Grupo T. Com relação aos limites superiores da caixa, temos 0.383 para o Grupo N e 0.415 para o Grupo T e, por fim, como limites da cauda superior temos 0.492 e 0.459 para os mesmos grupos. Desse modo, é possível verificar que embora os valores estejam próximos no pré-teste, em termos de nível de compreensão, os participantes do Grupo N se saíram ligeiramente melhores do que os participantes do Grupo T, tendo inclusive menor variação entre as notas do grupo.

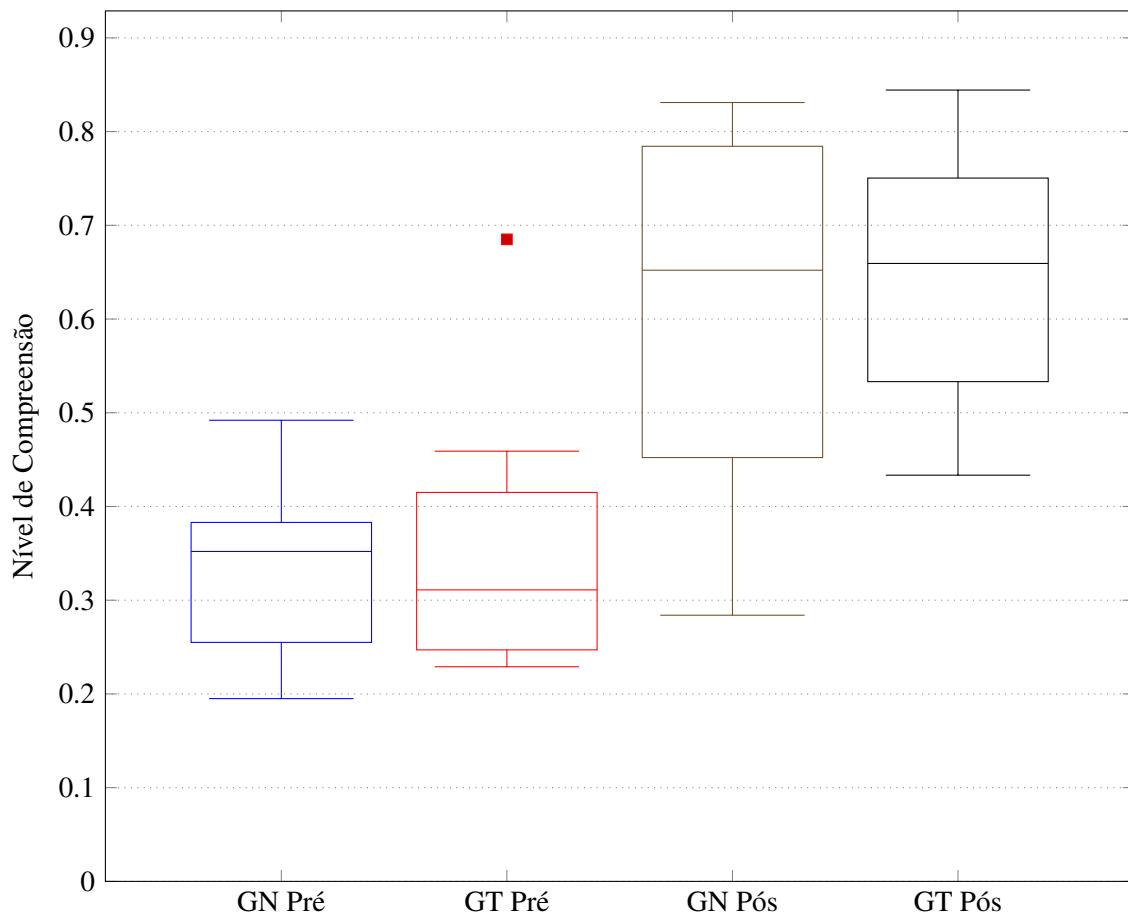


Figura 5.12: NC - Pré e Pós-Testes dos Grupos N e T

Ao comparar os gráficos de caixa do pós-teste (Figura 5.12), pode-se notar que houve uma inversão com relação aos resultados, de modo que os dados dos participantes do Grupo T se mostram com uma menor variação dentro do gráfico, onde os limites inferior e superior da caixa são 0.533 e 0.750 (diferença de 0.217), respectivamente, enquanto os mesmos limites para o Grupo N são 0.452 e 0.784 (diferença de 0.332). Além disso, a mediana do Grupo N é 0.652, enquanto a do Grupo T é 0.659, o que pode dar indícios de que o uso do objeto tangível colaborou uma maior coesão do nível de entendimento dos participantes, uma vez que os níveis de compreensão estão mais próximos entre si.

Embora o limite superior da cauda esteja próximo para ambos os grupos, 0.831 (Grupo N) e 0.844 (Grupo T), o limite inferior do Grupo T (0.433) é um valor 52.46% maior do que o limite do Grupo N (0.284). Além disso, comparando os resultados dos participantes no que diz respeito aos limites inferiores de pré e pós-teste, é possível notar que enquanto a cauda inferior do Grupo N subiu 45.13% (de 0.195 para 0.283) no pós-teste em relação ao pré-teste, a cauda do Grupo T teve um aumento de 89.08%.

Por fim, com relação aos limites inferiores das caixas, o Grupo T obteve um aumento de 115.79% (subindo de 0.247 no pré-teste para 0.533 no pós-teste), enquanto o Grupo N teve um aumento de 77.25% (de 0.255 para 0.452), de modo que esses achados endossam os indícios das métricas

anteriores de que o uso de objetos tangíveis colaborou mais com a aprendizagem dos participantes do que o ensino tradicional.

5.2.3.2 Hipóteses H02 e HA2

Conforme apresentado na Tabela 5.12, a proposta desta segunda parte da Fase 1 foi avaliar experimentalmente se há indícios de que um objeto de aprendizagem tangível baseado no modelo proposto nesta tese seria ou não mais eficiente com relação ao ensino tradicional, o que foi traduzido pela hipótese nula *H02* através da seguinte sentença “não há diferença no impacto da aprendizagem de relações no círculo trigonométrico entre o ensino com uso de OTA e o ensino tradicional”.

Assim, tomando como parâmetro as métricas e questões apresentadas na Tabela 5.13 e a discussão feita nesta seção, os indícios apontam para a rejeição da hipótese *H02*, de modo que os dados coletados sugerem uma confirmação da hipótese alternativa *HA2*, isto é, que “o uso de OTA é mais eficiente do que o ensino tradicional para a aprendizagem de relações no círculo trigonométrico”.

5.2.3.3 Sobre o Pós-teste adicional do Grupo N

No decorrer do experimento, os participantes do Grupo T demonstram muito interesse e curiosidade acerca do funcionamento do objeto tangível, de modo que foi notado um engajamento maior no processo de aprendizagem durante o uso do objeto tangível do que no restante da aula. Diante desse contexto, o Grupo N questionou se seria possível utilizarem o objeto mesmo que não fizesse parte do escopo do experimento, de modo que foi proposta uma sessão adicional para este grupo.

Assim, foi sugerido que este grupo fizesse novamente o pós-teste de modo que pudéssemos compará-lo com ele mesmo a fim de verificar qual o impacto do uso do objeto tangível considerando um processo de aprendizagem composto por uma aula com um exercício de fixação tradicional, seguida da utilização do objeto tangível proposto.

A Tabela 5.18 apresenta os dados do segundo pós-teste do Grupo N, de modo que ao compará-la com as tabelas dos testes anteriores(Tabelas 5.16 e 5.17) é possível observar uma melhora dos resultados dos grupos a cada nova intervenção. Assim, de acordo com a média da Nota Tradicional, houve um aumento de 37.14% do pós-teste 2 (0.800) para o pós-teste (0.583) anterior. E, se considerarmos somente o segundo pós-teste (após o uso do objeto tangível) e o pré-teste (0.200), o aumento da média tradicional do grupo foi de 300%.

Com relação à média da Nota Ponderada, houve um aumento de 22.40% do pós-teste (0.711) para o pós-teste 2 (0.870) e de 104.48%, considerando o pós-teste 2 e o pré-teste (0.426). Além disso, a média do Grau de Assertividade do Grupo N teve um aumento de 23.96% do pós-teste 2 (0.562) para o pós-teste (0.454) e de 160.75% do pós-teste 2 para o pré-teste (0.216) e, considerando a média do Nível de Compreensão, o Grupo N teve aumento de 15.97% do pós-teste (0.620) para o

Tabela 5.18: Grupo N - Pós-Teste 2

Participante	NT	NP	A	NC	TR
N01	-	-	-	-	-
N02	1.000	1.000	0.478	0.848	2477
N03	-	-	-	-	-
N04	0.733	0.783	0.700	0.543	2174
N05	0.733	0.833	0.778	0.660	1602
N06	0.800	0.883	0.421	0.790	1940
N07	-	-	-	-	-
N08	-	-	-	-	-
N09	0.533	0.683	0.650	0.660	529
N10	0.867	0.917	0.100	0.620	1300
N11	0.933	0.967	0.556	0.886	2850
N12	0.933	0.967	0.800	0.776	979
N13	0.667	0.800	0.579	0.685	673
Média do Grupo	0.800	0.870	0.562	0.719	1613.778

pós-teste 2 (0.719) e de 115.27% do pós-teste 2 para o pré-teste (0.334). Por fim, a média do Tempo de Resposta também teve aumento, nesse caso, de 15.09% do pós-teste 2 (1613.778 segundos) com relação ao pós-teste (1402.167 s) e de 88.49% do pós-teste 2 para o pré-teste (856.154 s).

É importante notar que tal como nas seções anteriores, também houve diminuição de participantes nesta atividade, de modo que o pós-teste adicional teve a participação de 9 indivíduos.

5.2.4 Fase '2' - Percepção dos estudantes sobre o uso de OTA

Nesta fase, a fim de verificar a percepção dos estudantes em relação à utilidade, satisfação e intenção de uso de um Objeto Tangível de Aprendizagem, baseando-se no trabalho de Marques *et al.* (2019), foi aplicado um formulário de avaliação da experiência do usuário baseado no Modelo de Aceitação de Tecnologia TAM3 (*Technology Acceptance Model*), proposto por (Venkatesh e Bala, 2008), de modo que serão verificados alguns aspectos com relação à Utilidade Percebida (UP), Satisfação Percebida (SP) e Intenção de Uso (IU). Este método foi escolhido devido a sua simplicidade, considerando que os participantes não tem experiência em avaliação ou teste de *software*. Além disso, em anexo ao questionário TAM3, os participantes também receberam um questionário com perguntas abertas relacionadas a utilização do objeto tangível proposto de modo que pudessem se expressar livremente acerca do que tornou o objeto fácil ou difícil de usar e quais melhorias poderiam ser feitas.

Para guiar as análises, as Tabelas 5.19 e 5.20 apresentam os objetivos, questões e métricas definidos para essa fase, de acordo com a metodologia *GQM* (*Goal Question Metric*) proposta por Basili *et al.* (1994).

Tabela 5.19: Objetivos - Fase 2

Analisar	O uso de Objetos Tangíveis de Aprendizagem
Com o objetivo de	caracterizar
No que diz respeito a	percepção dos participantes em termos de Utilidade Percebida, Satisfação Percebida e Intenção de Uso de OTA
No contexto	ensino-aprendizagem usando OTA
Do ponto de vista do	dos estudantes e pesquisadores

Tabela 5.20: Questões (Q) e Métricas(M) - Fase 2

Item	Questão	Métrica
1	Os estudantes consideram útil o uso de OTA para o processo de ensino-aprendizagem?	Utilidade Percebida
2	Os estudantes gostaram de estudar usando OTA?	Satisfação Percebida
3	Os estudantes estudariam usando OTA?	Intenção de Uso

5.2.4.1 Formulário TAM3

A Tabela 5.21 apresenta uma descrição dos itens avaliados de acordo com cada aspecto a ser analisado e o formulário aplicado está disponível no Apêndice N.

Assim, seguindo a metodologia do TAM3, cada aspecto é avaliado com base em um conjunto de afirmações, de modo que o participante deve indicar o grau de concordância com cada afirmação, escolhendo um entre sete graus variando de (1) Discordo Totalmente a (7) Concordo Totalmente.

Tabela 5.21: Aspectos Avaliados pelo TAM3

Aspecto Avaliado	Sigla	Itens
Utilidade Percebida	UP1	Estudar com OTA melhora minha participação na aula
	UP2	Usar OTA na aula aumenta o entendimento do conteúdo estudado
	UP3	Usar OTA melhora meu aprendizado do conteúdo estudado
	UP4	Eu acho útil estudar usando OTA
Satisfação Percebida	SP1	Acho que usar OTA é agradável.
	SP2	O processo real de estudar usando OTA é agradável.
	SP3	Eu me divirto estudando com OTA
Intenção de Uso	IU1	Assumindo que eu tenha acesso a um OTA, eu pretendo usá-lo para estudar
	IU2	Dado que eu tenha acesso a um OTA, eu prevejo que eu o usaria para estudar
	IU3	Eu pretendo usar um OTA para estudar no próximo mês

Além disso, cada questão de pesquisa elaborada para esta fase corresponde a um dos aspectos escolhidos para ser avaliado através do TAM3 e, embora Wohlin *et al.* (2012) sugira que, para escalas ordinais (como a escala do TAM3), a medida estatística significativa seja a mediana, nesta análise, optou-se por utilizar a média, uma vez que a mediana de todos itens avaliados corresponde ao grau máximo de aceitação, com exceção de SP3 cuja mediana foi 6. Assim, neste caso, a média é a medida que possibilita uma melhor descrição e análise dos dados, de modo que o ‘percentual de aceitação’ foi calculado como sendo a média do item avaliado dividida pelo grau máximo de concordância.

Questão 1: Os estudantes consideram útil o uso de OTA para o processo de ensino-aprendizagem?

Como pode ser notado na Tabela 5.22, a média da opinião dos participantes em todos os itens do aspecto ‘Utilidade Percebida’ está acima de 6.78 que é o valor médio do item *UP3*, de modo que este item obteve um valor médio que corresponde a aproximadamente 96.83% do valor máximo avaliado. Além disso, oito dos nove participantes concordaram totalmente com afirmação ‘usar OTA melhora meu aprendizado do conteúdo estudado’, que expressa este item.

Tabela 5.22: Média e Percentual da Utilidade Percebida

Utilidade Percebida	Média da opinião dos participantes	Percentual de aceitação
UP1	6.89	98.41%
UP2	6.89	98.41%
UP3	6.78	96.83%
UP4	7.00	100.00%

Os itens *UP1* e *UP2* expressos através das afirmações ‘estudar com OTA melhora minha participação na aula’ e ‘usar OTA na aula aumenta o entendimento do conteúdo estudado’, respectivamente, obtiveram uma média de 6.89, correspondendo a 98.41% do valor máximo de concordância. Assim, como no item *UP3*, 88.89% dos participantes concordaram totalmente com estas afirmações.

Por fim, 100.00% dos participantes concordou totalmente com o item *UP4*, isto é, ‘acho útil estudar usando OTA’.

Questão 2: Os estudantes gostaram de estudar usando OTA?

A Tabela 5.23 apresenta a média da opinião dos participantes com relação à ‘Satisfação Percebida’ ao utilizar o objeto tangível no contexto da aula. Os itens *SP1* e *SP2* obtiveram a mesma pontuação média (6.67) e, assim, o mesmo percentual de aceitação (95.24%).

De acordo com a Tabela 5.21, estes itens correspondem às afirmações ‘Acho que usar OTA é agradável’ e ‘O processo real de estudar usando OTA é agradável’, de modo que é verificada a opinião dos participantes sobre a diferença entre o que acham acerca da agradabilidade do uso objeto e o quanto isso acontece ao de fato usá-lo. Ao atingir a mesma pontuação, os indícios são de que a percepção geral e real do uso do objeto para este grupo de indivíduos é correspondente.

Tabela 5.23: Média e Percentual da Satisfação Percebida

Satisfação Percebida	Média da opinião dos participantes	Percentual de aceitação
SP1	6.67	95.24%
SP2	6.67	95.24%
SP3	6.22	88.89%

O item *SP3* deste aspecto corresponde a afirmação ‘Eu me divirto estudando com OTA’, que quer mensurar o quanto prazeroso pode ser estudar com o objeto tangível em questão. Embora a pontuação média deste item tenha sido a menor entre todos os aspectos (6.22), foi superior a 88.89%, indicando que, de algum modo, o uso de objeto tangível pode tornar o processo de estudo interessante e divertido.

É importante ressaltar que as atividades com objetos tangíveis foram capazes de proporcionar um maior foco e atenção dos participantes do que as aulas tradicionais (onde alguns indivíduos demonstraram tédio, sono ou acessaram programas alheios ao tema da aula), de modo que é possível afirmar, através da observação do comportamento do grupo, que o estudo com o objeto tangível aumentou o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Questão 3: Os estudantes estudariam usando OTA?

De acordo com a Tabela 5.21, o item *IU3* corresponde a afirmação ‘Eu pretendo usar um OTA para estudar no próximo mês’, que recebeu uma pontuação média de 6.33 pontos, o que implica em um percentual médio de 90.48%, tendo sido a menor pontuação dos itens deste aspecto, o que pode ser explicado pela questão temporal implícita na pergunta, uma vez que os participantes não teriam previsão de acesso a um objeto tangível como o utilizado. Entretanto, mesmo diante desta probabilidade, a intenção de uso foi acima de 90%.

Tabela 5.24: Média e Percentual da Intenção de Uso

Intenção de Uso	Média da opinião dos participantes	Percentual de aceitação
IU1	6.67	95.24%
IU2	6.78	96.83%
IU3	6.33	90.48%

Assim, as afirmações seguintes ‘Assumindo que eu tenha acesso a um OTA, eu pretendo usá-lo para estudar’ e ‘Dado que eu tenha acesso a um OTA, eu prevejo que eu o usaria para estudar’, que correspondem aos itens *IU1* e *IU2*, respectivamente, retratam a intenção de uso futuro condicionada a possibilidade de acesso, isto é, caso tenha acesso a um objeto tangível, de acordo com a Tabela 5.24, o percentual da média de intenção de uso corresponde a 95.24% e 96.83, para os dois itens analisados. É importante notar que as afirmações *IU1* e *IU2* são muito similares de modo a verificarem se haveria alguma inconsistência (contradição) nas respostas, o que não foi o caso.

5.2.4.2 Questões abertas

Como mencionado na introdução desta seção, em anexo ao formulário TAM3, foi acrescentado um questionário com perguntas abertas de modo que os participantes pudessem detalhar alguns dos aspectos avaliados. Este formulário também está disponível no Apêndice N.

Assim, nesta subseção, serão apresentadas algumas das respostas dos participantes.

Questão 1: Você se sentiu à vontade ao estudar com o OTA? Porque?

Todos os participantes afirmaram que se sentiram à vontade ao estudar com o objeto tangível, o que corrobora as pontuações e médias apresentadas na subseção relacionada ao aspecto ‘Satisfação Percebida’. De acordo com a maior parte dos relatos apresentados, pode-se destacar que os participantes *T03*, *T04*, *T05* e *T10* acharam que estudar com um objeto tangível ajudou na aprendizagem e no entendimento do assunto estudado.

“Sim, Porque ajudou bastante no meu aprendizagem”(*T03*)

“Eu me senti a vontade porque o OTA melhorou muito meu entendimento do assunto”(*T04*)

“Sim, achei muito interessante e facilita bastante nosso aprendizado...”(*T10*)

Além disso, os participantes *T02*, *T07* e *T08* afirmaram que sentiram-se à vontade em usar o objeto porque a experiência era confortável, fácil e divertida. O participante *T09* acrescentou que o uso de OTA no estudo não somente ajudou a entender melhor o assunto de ângulos, mas auxilia com que o estudante esteja mais engajado no processo de aprendizagem.

“Sim, achei uma experiência muito confortável e muito útil” (*T02*)

“Sim porque ele é bem fácil de ser usado” (*T07*)

“Sim, pois é muito mas divertido estudar com OTA” (*T08*)

“Senti, pois usar OTA ajuda muito com os ângulos e mantém entretido por horas e horas” (*T09*)

Questão 2: O que foi fácil ao usar o OTA Quadro Trigonométrico?

De acordo com os relatos dos participantes, o objeto tangível tornou mais fácil a localização/descoberta dos ângulos e valores de seno, cosseno e tangente, conforme pode ser atestado nas citações dos participantes *T02*, *T04* e *T08*.

“Foi mais fácil localizar os ângulos.” (*T02*)

“Foi bem mais fácil descobrir o seno e o cosseno e a relação entre graus e radianos.”
(*T04*)

“Foi muito fácil ver os ângulos, cosseno, seno e a tangente” (T08)

Questão 3: O que foi difícil ao usar o OTA Quadro Trigonométrico?

Os participantes *T02*, *T07* e *T09* afirmaram não encontrar dificuldades no uso do objeto, enquanto os participantes *T03* e *T06* tiveram dificuldade em realizar os cálculos necessários que, em geral, consistiu na conversão de radiano para grau e vice-versa.

“Sobre o [exercício de] sen e cos, os cálculos são meio confusos, mas foram bem explicados” (T06)

O participante *T08* comentou que a sua maior dificuldade foi com relação aos *bugs* existentes na versão utilizada no experimento. Vale ressaltar que este participante foi o *outlier* do grupo na análise feita da Seção 5.2.2.

“Alguns bugs dificultaram a minha experiência” (T08)

Questão 4: O que você mudaria para melhorar o OTA Quadro Trigonométrico?

A partir deste questionamento, foi aberta a possibilidade para os participantes contribuírem com propostas de melhorias do objeto, de modo que os participantes *T03*, *T04*, *T06* e *T07* afirmaram que não mudariam em nada o objeto.

O participante *T02* sugeriu que a estabilidade da conexão entre as partes física e virtual do objeto poderia ser aprimorada, enquanto o participante *T05* comentou sobre a existência de falhas, mas, não entrou em detalhes.

“Apenas a questão da conexão, que as vezes dava uma leve caída, mas nada demais” (T02)

“O aparelho utilizado demonstrou falhas quando utilizava. Poderia melhorar para que não aconteça muitas vezes.” (T05)

Por fim, o participante *T08* sugeriu ajustes com relação à velocidade e precisão do ponteiro do objeto.

“Resolveria os bugs e melhoraria a velocidade que o ponteiro se move e também a precisão.” (T08)

5.2.5 Fase '3' - Estudo de Viabilidade

Nesta fase, os dados que foram coletados automaticamente durante a aula com o objeto tangível serão analisados com relação à Nota Tradicional, Nota Ponderada, Grau de Assertividade, Tempo de Resposta, Nível de Compreensão e Prioridade do tópico com o objetivo de identificar como esses dados podem ajudar a descrever o aprendizado dos estudantes, seja individual, seja em grupo.

Por ser um estudo exploratório de viabilidade, definimos apenas os objetivos da fase (Tabela 5.25) e a seguinte questão de pesquisa: “As métricas propostas conseguem descrever de algum modo a aprendizagem do estudante após o uso de um objeto tangível de aprendizagem?”. De modo que, as métricas serão utilizadas para encontrar possibilidades de descrição do aprendizado dos estudantes após o estudo com o OTA.

Tabela 5.25: Objetivos - Fase 3

Analizar	Viabilidade das métricas de aprendizagem propostas
Com o objetivo de	identificar
No que diz respeito a	possibilidades de utilização dos dados coletadas pelo OTA
No contexto	acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem
Do ponto de vista do	pesquisador

Além disso, é importante recordar que, por meio do modelo de processos apresentado no diagrama BPMN da Figura 4.16 (ver Seção 4.4.3), pode-se definir o conjunto de parâmetros para o cálculo das métricas após o uso dos objetos tangíveis, de modo que a interação do estudante com o objeto de aprendizagem possa ser mensurada. Assim, inicialmente, o modelo de processos proposto exige que sejam definidos como parâmetros básicos a existência ou não de agrupamentos e se o cálculo será feito tomando por base **as entradas** (onde uma entrada seria transversal a todos os casos de teste, avaliando assim o tópico relacionado a uma entrada específica) ou **os casos de testes** (conceito análogo ao de questão, de modo que são consideradas todas as respostas relacionadas ao caso específico).

Como detalhamento do modelo inicial, o diagrama 4.20 apresenta o processo para definição dos parâmetros da ‘Nota Tradicional’, o diagrama 4.18 define o processo relativo aos parâmetros da ‘Nota Ponderada’ e os diagramas 4.17, 4.21 e 4.22 definem o processo para especificação das métricas ‘Dúvida’, ‘Grau de Assertividade’ e ‘Nível de Compreensão da Questão’, respectivamente.

De acordo com os modelos apresentados anteriormente, as métricas que exigem um maior detalhamento são (i) ‘Nota Ponderada’: cuja associação entre entradas e pesos foi feita por meio da ferramenta de programação em blocos implementada para este trabalho (Figura 4.19) que converte os blocos criados para um código-fonte em *python* e cujos parâmetros definidos podem ser encontrados nos Apêndices I, J, K, L e M; e, (ii) ‘Nível de Compreensão da Questão’, cujos parâmetros foram definidos através da população das tabelas *NCQ_input* e *NCQ_case* definidas no banco de dados SQL que armazena os dados do objeto tangível (Figuras 4.32 e 5.13).

The screenshot shows a database interface with the 'NCQ_case' table selected. The table contains approximately 42 rows of data. The columns are: id, topic_id, case_time, IDQ, testcase_id, and weight_response. The 'weight_response' column contains many entries starting with '# Nota Ponderada - EF1 - Caso ...'. A dictionary pane on the right lists various mathematical functions and constants, such as sen x = -0,3420, cos x = 0,540, etc. Row 30 is highlighted in blue.

	123 id	123 topic_id	123 case_time	123 IDQ	123 testcase_id	abc weight_response
17	17	4	90	1	17	[NULL]
18	18	4	70	3	18	[NULL]
19	19	4	80	1	19	[NULL]
20	20	4	135	3	20	[NULL]
21	21	4	150	3	21	[NULL]
22	22	4	90	3	22	[NULL]
23	23	4	120	3	23	[NULL]
24	24	4	390	5	24	[NULL]
25	25	4	170	3	25	[NULL]
26	26	4	135	3	26	[NULL]
27	27	5	60	3	27	def CASO1():1 global PESO, EV3, EV4, EV1, EV2 if
28	28	5	200	3	28	def CASO2():1 global PESO, EV5, EV3, EV4, EV1, EV
29	29	5	30	1	29	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3!def EF1CASO3(E
30	30	5	20	1	30	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4!# Redução ao pi
31	31	5	30	3	37	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 5!# Redução ao pi
32	32	5	45	3	42	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 6!# Redução ao pi
33	33	6	60	3	31	def CASO1():1 global PESO, EV1, EV2, EV3, EV4 if
34	34	6	110	5	32	def CASO2():1 global PESO, EV2, EV5, EV4, EV1, EV
35	35	6	30	1	33	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3 - A04!def EF1CA
36	36	6	15	1	34	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4 - A04!def EF1CA
37	37	6	20	3	35	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 5 - A04!def EF1CA
38	38	6	35	3	36	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 6!# Redução ao pi
39	39	7	60	3	38	# CASO1 - A05!def CASO1():1 global PESO, EV2, I
40	40	7	60	3	39	# CASO2 - A05!def CASO2():1 global PESO, EV2, I
41	41	7	15	1	40	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3 - A05!def A05C3
42	42	7	20	3	41	# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4 - A05!def A05C4

Figura 5.13: Parâmetros do NCQ - Casos de Teste

Assim, as subseções a seguir apresentam possibilidades de cálculo das métricas tomando como base os parâmetros que podem ser especificados para cada uma delas. É importante notar que a escolha da base de cálculo (i.e.: por entrada, caso de teste ou considerando os possíveis agrupamentos indicados na construção do OTA) impacta no resultado final das notas obtidas pelos estudantes, sendo um critério a ser levado em consideração pelo profissional que deseja avaliar o processo de aprendizagem.

5.2.5.1 Exercício 1 - Quadrantes

O Exercício 1, cujos parâmetros estão definidos no Apêndice D, consiste em uma instanciação do objeto tangível Quadro Trigonométrico que adapta a primeira questão do exercício de fixação tradicional (disponível na Seção C.4), de modo que os ponteiros do objeto de tangível aprendizagem implementado sejam utilizados no processo de descoberta dos limites iniciais e finais de cada um dos quadrantes do círculo trigonométrico, onde a Interface Física A01 (ver Seção C.5.1) contém apenas uma circunferência orientada de raio 1.

A Figura 5.14 mostra o estudante respondendo a segunda questão do exercício, onde é possível observar que há *feedbacks* que auxiliam no processo de encontrar o ângulo correto a partir da posição do ponteiro da interface física do objeto. Além disso, pode-se notar que, para cada informação inserida pelo estudante, há uma resposta do sistema que indica o que fazer para chegar a resposta correta, por exemplo, se o ponteiro deve ser movido no sentido horário ou anti-horário, ou se os valores inseridos nos campos ‘Grau’ ou ‘Radiano’ estão corretos ou deveriam ser maiores/menores (ver Tabela ‘Entradas e Saídas’ no Apêndice D).

OFVA Início Aulas Olá gabriel | Sair

Estudo

Introdução ao Círculo Trigonométrico > Prancha Trigonométrica – quadrantes

Instruções Executar Minhas respostas

Quadrante 1 Indique o fim do primeiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.

Quadrante 2

Quadrante 3

Quadrante 4

Posição está correta!

Indique valor em grau e radiano do ângulo

Grau 90 Confirma

Radiano $\pi/2$ Confirma

Todos os valores estão corretos!

Figura 5.14: Exercício 1 - Quadrantes

Além disso, na Figura 5.14 também é possível observar uma coloração diferenciada nas questões, onde a cor ‘azul’ indica o caso de teste que está selecionado, a cor ‘amarelo’ significa que falta complementar algum item e, ‘verde’ simboliza que todas as respostas do caso de teste estão corretas. É importante ressaltar que os *feedbacks* adicionados tem o objetivo de colaborar com a construção do conhecimento por parte dos estudantes de modo que sejam um auxílio para que ele entenda a lógica por trás do ciclo trigonométrico, bem como os conceitos matemáticos envolvidos, de modo que cada um dos exercícios colabora com a construção de um aprendizado específico, sendo este primeiro exercício uma interação com as noções de quadrante, ângulo reto, além do fortalecimento do aprendizado sobre ‘regra de três’ para conversão entre graus e radianos.

Nota Tradicional (NT)

Considerando o modelo de processos apresentado na Figura 4.20, com relação à nota tradicional, o cálculo dessa métrica pode ser baseado ‘nas entradas’ ou ‘nos casos de teste’, caso seja baseado nas entradas, as métricas serão calculadas de modo proporcional, o que significa que será calculada a média das respostas de uma mesma entrada para todos os casos de teste, o que permite a verificação da aprendizagem a partir de um ponto de interação específico (e que pode corresponder a um tópico de estudo específico).

Além disso, a Figura 4.16 que apresenta o modelo geral para aplicação das métricas em objetos tangíveis, o processo ‘Definir ’agrupamentos’ como critério de cálculo’ indica que a métrica

também pode ser calculada levando em consideração que os casos de teste estão agrupados em conjuntos menores.

Assim, na análise dos dados de nota tradicional desta seção, quando considerada a existência de agrupamentos, o que significa que os casos de teste estão organizados em subconjuntos conforme a Tabela 5.26 extraída do Apêndice D, todas as respostas dada por um estudante para todos os casos de teste de um agrupamento devem estar corretas para que este agrupamento esteja correto, onde a nota tradicional da entrada é calculada como a média das respostas de cada agrupamento.

Tabela 5.26: Exercício 1 - Agrupamentos

AGRUPAR CASOS DE TESTE?	SIM
ID GRUPO	1
RÓTULO	QUADRANTE 1
AGRUPAMENTO	{1,2}
ID GRUPO	2
RÓTULO	QUADRANTE 2
AGRUPAMENTO	{3,4}
ID GRUPO	3
RÓTULO	QUADRANTE 3
AGRUPAMENTO	{5,6}
ID GRUPO	4
RÓTULO	QUADRANTE 4
AGRUPAMENTO	{7,8}

NT: Cálculo por Entrada

A Tabela 5.27 apresenta a nota tradicional baseada nas entradas, de modo que no lado esquerdo da tabela pode-se observar as notas tradicionais obtidas pelo Grupo T considerando que os casos de teste estavam agrupados, enquanto no lado direito da mesma tabela estão as notas relativas às entradas desconsiderando os agrupamentos.

Tabela 5.27: Nota Tradicional - Cálculo por Entrada com método proporcional

Agrupamento	Sim				Não			
	Participante	EF1	EV1	EV2	Média	EF1	EV1	EV2
T02	10.00	10.00	7.50	9.167	10.00	10.00	8.75	9.583
T03	10.00	10.00	10.00	10.000	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	7.50	10.00	10.00	9.167	8.75	10.00	10.00	9.583
T05	7.50	10.00	10.00	9.167	8.75	10.00	10.00	9.583
T06	10.00	10.00	10.00	10.000	10.00	10.00	10.00	10.000
T08	10.00	10.00	10.00	10.000	10.00	10.00	10.00	10.000
T09	10.00	10.00	10.00	10.000	10.00	10.00	10.00	10.000
T10	10.00	10.00	10.00	10.000	10.00	10.00	10.00	10.000
Média	9.38	10.00	9.69	9.69	9.69	10.00	9.84	9.84

É importante notar que optar por uma ou outra forma de calcular impacta no resultado final, de modo que as notas calculadas sem os agrupamentos são maiores do que as provenientes de agrupamento.

Entretanto, é preciso levar em consideração o objetivo da avaliação da aprendizagem, assim, para a atividade em questão, os agrupamentos consideram o início e o fim de cada quadrante como uma mesma unidade avaliativa, de modo que a nota corresponde ao estudante identificar corretamente os limites de um quadrante, enquanto o cálculo sem agrupamento corresponde tão somente aos ângulos isolados, de modo que sua nota implica em verificar se o estudante identifica corretamente cada ângulo solicitado.

De todo modo, independentemente da opção escolhida, é possível notar que o participante *T02* teve mais dificuldade com a entrada *EV2*, o que significa uma maior dificuldade com ângulos em radiano, assim como os participantes *T04* e *T05* tiveram maior dificuldade com a localização do ângulo no círculo trigonométrico, uma vez que o ponteiro físico corresponde a entrada *EF1*, cujo valor foi mais baixo para este participante.

Como o objetivo do objeto de aprendizagem é que o estudante chegue ao fim da atividade tendo construído e identificado os quadrantes do círculo trigonométrico, é esperado que todos os valores da nota tradicional sejam iguais a 10.00, de modo que quando um estudante não alcança esse valor, pode ser um indicativo de que não terminou a atividade ou teve alguma dificuldade.

Por fim, ao observar a média das notas tradicionais de cada entrada em ambos os modos de cálculo (com ou sem agrupamento), é possível notar com quais entradas os estudantes tiveram mais dificuldade, de modo que estas entradas podem também estar associadas a tópicos de estudo. Assim, as entradas *EF1* e *EV2* foram as que apresentaram menor valor de nota tradicional, de modo que pode-se considerar que a dificuldade maior se deu tanto para identificar o ângulo no objeto físico quanto para converter os valores para radianos.

NT: Cálculo por Caso de Teste

A Tabela 5.28 apresenta quatro possibilidades de cálculo da nota tradicional com objetos tangíveis, onde, além de levar em consideração se os dados estão ou não agrupados, o cálculo é feito através de uma correção binária (se todas as entradas de um caso estiverem corretas, então, o caso está correto) ou proporcional (média das entradas de cada caso).

Tabela 5.28: Nota Tradicional - Cálculo por Casos de Teste

Modo	Binário		Proporcional		
	Agrupamento	Sim	Não	Sim	Não
T02	7.50	8.75	9.17	9.58	
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	
T04	7.50	8.75	9.17	9.58	
T05	7.50	8.75	9.17	9.58	
T06	10.00	10.00	10.00	10.00	
T08	10.00	10.00	10.00	10.00	
T09	10.00	10.00	10.00	10.00	
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	
Média	9.06	9.53	9.69	9.84	

Neste modo de cálculo, cada caso de teste funciona como uma questão, onde as entradas são agrupadas por caso, tendo uma saída diferente se o tipo de correção for binária ou proporcional. Assim, a partir da Tabela 5.28, pode-se observar que os alunos com mais dificuldade foram *T02*, *T04* e *T05*, uma vez que possuem nota abaixo de 10.00.

Assim como a abordagem de cálculo ‘por entrada’, a escolha de algum dos modos de calcular a nota tradicional depende dos critérios avaliativos adotados, por exemplo, a escolha por um modo de cálculo binário atende uma perspectiva de que o estudante aprendeu somente se acertou completamente as questões (casos de teste) e a escolha por um modo proporcional leva em consideração que a aprendizagem é um processo e, assim, é importante considerar o conjunto das respostas para se fazer um acompanhamento.

Nota Ponderada (*NP*)

De acordo com o diagrama BPMN das métricas (Figura 4.16), após a definição dos parâmetros da nota tradicional, são definidos os parâmetros da nota ponderada, de modo que o subprocesso da Figura 4.18 apresenta as ações necessárias para essa definição de parâmetros, cujo resultado é a associação dos pesos e das respostas esperadas às entradas dos casos de teste de um objeto tangível.

Com relação ao Exercício 1, estas ações geraram os dados do Apêndice I e do banco de dados apresentado na Figura 5.13 de modo que, no recorte da Tabela 5.29, é possível observar um exemplo da associação entre a entrada *EV2*, os pesos das possíveis respostas e o Caso de Teste 1, onde a ferramenta de programação em blocos adaptada gerou um código-fonte em *python* a ser utilizado para efetiva atribuição dos pesos às respostas do estudante pelo módulo Analíticos.

NP: Cálculo por Entrada

Como explicado na Seção 4.4.1.2, a nota ponderada considera o quanto próximo a resposta dada pelo estudante está do correto, de modo que a Tabela 5.30 apresenta os valores de *NP* calculados com base no modo ‘por entrada’, onde a nota ponderada é calculada a partir do peso médio, isto é, a média dos pesos de todas as respostas dadas pelo estudante ao manipular o objeto tangível a partir de uma determinada entrada (física ou virtual). Assim, esses pesos médios são utilizados para o cálculo da métrica segundo a Equação 4.2.

É interessante notar na Tabela 5.30 que, com ou sem agrupamento, diferentemente da nota tradicional, as notas ponderadas dos participantes para as diversas entradas é sempre a mesma, o que pode significar uma maior estabilidade desta métrica no que diz respeito ao acompanhamento do processo de aprendizagem, uma vez que a nota tradicional tende a 10.00 e somente se afasta desse valor quando o estudante não concluiu a atividade.

Com relação à entrada *EF1*, é possível notar uma maior variabilidade nas notas do que na métrica tradicional e, embora na *NT*, os participantes *T04* e *T05* tenham sido apontados dentre os indivíduos com maior dificuldade, na *NP*, enquanto o percurso feito por *T05* está na média do grupo, *T04* foi confirmado como o participante com desempenho mais baixo.

Tabela 5.29: Nota Ponderada - Associação entre pesos, entradas e casos de teste

CASO DE TESTE 1	
Nota Ponderada - EV2	
Blocos	
	<pre> para [EV2CASO1] com: [EV2] definir [RE v] para [0] se [EV2 v] = [0] faça [definir [PESO v] para [4]] senão se [EV2 v] = [2 × π] faça [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto (RE v) - (EV2 v)] ≤ [(π v) ÷ 18] faça [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto (RE v) - (EV2 v)] ≤ [(π v) ÷ 9] faça [definir [PESO v] para [1]] senão [definir [PESO v] para [0]] retorna [PESO v] end </pre>
	Python gerado
	<pre> import math # Nota Ponderada - Caso 1 def EV2CASO1(EV2): global RE, PESO RE = 0 if EV2 == 0: PESO = 4 elif EV2 == 2 * math.pi: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>

Tabela 5.30: Nota Ponderada - Cálculo por Entrada

Agrupamento	Sim				Não			
	Participante	EF1	EV1	EV2	Média	EF1	EV1	EV2
T02	9.58	10.00	8.75	9.444	9.58	10.00	8.75	9.444
T03	8.54	9.38	10.00	9.306	8.54	9.38	10.00	9.306
T04	4.95	9.38	9.00	7.775	4.96	9.38	9.00	7.777
T05	8.54	9.38	7.09	8.336	8.54	9.38	7.09	8.336
T06	8.54	8.75	10.00	9.097	8.54	8.75	10.00	9.097
T08	8.85	10.00	9.38	9.410	8.85	10.00	9.38	9.410
T09	9.51	9.38	8.57	9.151	9.51	9.38	8.57	9.151
T10	10.00	10.00	7.75	9.250	10.00	10.00	7.75	9.250
Média	8.56	9.53	8.82	8.97	8.57	9.53	8.82	8.97

Tendo em vista $EV1$, $T06$ foi o participante com a menor nota (8.75), embora ainda acima da média do grupo (9.53). E, com relação à $EV2$, que prevê conversão entre graus e radianos, os participantes $T05$ e $T10$ obtiveram as menores notas ponderadas do grupo, sendo 7.09 e 7.75, respectivamente.

Por fim, observando a média das entradas, os participantes com menor pontuação são $T04$ e $T05$, cujas notas (7.775 e 8.336) estão abaixo da média do grupo (8.97), necessitando de maior atenção por parte do professor.

NP: Cálculo por Caso de Teste

Para o cálculo da nota ponderada por casos de teste, o peso final do caso é a média dos pesos médios de todas as entradas do caso, de modo que todo o percurso do estudante na construção do conhecimento acerca dos quadrantes do círculo trigonométrico é levado em consideração.

É importante notar que, assim como ocorreu na Tabela 5.30 para cada entrada, as colunas com e sem agrupamento da Tabela 5.31 apresentam os mesmos valores para cada participante, de modo que, para este modo de cálculo das métricas, é indiferente se a métrica é calculada com base nestes agrupamentos (o que confirma a decisão deste parâmetro não ser considerado no subprocesso da Nota Tradicional da Figura 4.18).

Tabela 5.31: Nota Ponderada - Cálculo por Caso de Teste (com e sem agrupamento)

Agrupamento	Sim	Não
Participante	NP	NP
T02	9.44	9.44
T03	9.31	9.31
T04	7.78	7.78
T05	8.34	8.34
T06	9.10	9.10
T08	9.41	9.41
T09	9.15	9.15
T10	9.25	9.25
Média	8.97	8.97

Assim como nas métricas anteriores, os participantes com menor pontuação são *T04* e *T05*, de modo que a nota ponderada de ambos (7.78 e 8.34, respectivamente) está abaixo da média do grupo (8.96). Com relação aos demais participantes, não há algo específico que se destaque, uma vez que todos estão acima da média do grupo.

Prioridade (*P*)

A métrica prioridade, apresentada na Seção 4.4.2.1, baseia-se nas métricas nota tradicional e nota ponderada para estimar a prioridade de um tópico a ser reforçado nos estudos após uma atividade avaliativa, de modo que pode ser calculado para a turma ou para um único estudante. Aplicado a objetos tangíveis de aprendizagem, a prioridade visa possibilitar um acompanhamento do processo de aprendizagem baseado nas eventuais dificuldades que o estudante teve para concluir uma atividade.

P: Cálculo por Entradas

Na Tabela 5.32, é possível observar as prioridades calculadas com base nas entradas, de modo que, cada entrada está associada a um tópico (conceito) diferente de acordo com o modelo de processos do diagrama 4.17, onde a tabela *NCQ_input* do banco de dados de objetos tangíveis armazena esse dado.

Tabela 5.32: Prioridade com e sem agrupamento - Cálculo por Entradas

Agrupamento	Sim				Não			
	Participante	EF1	EV1	EV2	P Média	EF1	EV1	EV2
T02	0.00	0.00	2.19	0.729	0.00	0.00	1.09	0.365
T03	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	1.24	0.00	0.00	0.413	0.62	0.00	0.00	0.206
T05	2.14	0.00	0.00	0.712	1.07	0.00	0.00	0.356
T06	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
T08	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
T09	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000
T10	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000

Assim, tendo como referências as entradas do Exercício 1, onde *EF1* corresponde ao tópico ‘Leitura de instrumento’ que diz respeito a manipulação do ponteiro na interface física do objeto tangível, *EV1* corresponde ao tópico ‘Grau’ e *EV2* a ‘Radianos’, pode-se notar que os participantes *T04* e *T05* tiveram mais dificuldades com relação à identificação do ângulo no instrumento físico e *T02* teve mais dificuldade com a conversão entre graus e radianos. Dentre os três participantes mencionados, *T02* é o que possui maior prioridade, de modo que uma maior atenção deve ser dada a este indivíduo.

Além disso, a Tabela 5.32 também exibe informações acerca do cálculo com ou sem agrupamento, onde é possível observar que, embora os valores sejam diferentes para cada opção de cálculo, a proporcionalidade se mantém, de modo que a ordem de prioridade dos participantes se mantém em ambas as partes da tabela.

P: Cálculo por Casos de Teste

As Tabelas 5.33 e 5.34 apresentam as prioridades sob o modo de calcular a partir dos casos de teste (questões) e não das entradas, de modo que todas as entradas relacionadas a um caso de teste específico estão agrupadas neste.

Tabela 5.33: Prioridade - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)

Agrupamento	Participante	Tipo	Não								P
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	
T02	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	1.181
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	0.394
T03	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.972
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.324
T05	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.11	0.00	1.042
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00	0.347
T06	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T08	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T09	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T10	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000

Assim, como no cálculo por entradas (Tabela 5.32), considerando ambos os métodos de cálculo (proporcional ou binário), os participantes *T02*, *T04* e *T05* são os que tem maior prioridade de acompanhamento. Além disso, enquanto o cálculo baseado nas entradas enfatiza um tópico abordado a partir de uma entrada específica, o cálculo por casos de teste considera a questão como um todo, sendo o tópico abordado correspondente ao assunto da aula, isto é, ‘Ângulos’.

É importante ressaltar que este modo de calcular a prioridade é interessante para comparar diferentes exercícios ao longo de uma etapa (bimestres, semestre,...), de modo a verificar quais tópicos em geral precisam ser reforçados e para quais estudantes.

E, além disso, assim como no cálculo por entrada, embora os valores sejam diferentes para cada opção, a proporção se mantém e o indivíduo ou tópico com maior prioridade, sempre o será em todas variantes de cálculo desta métrica.

Dúvida

A Tabela 5.35 apresenta os dados relativos ao cálculo por entradas para o Exercício 1, de modo que a primeira parte da tabela apresenta a Dúvida considerando os agrupamentos e a segunda parte considera as entradas sem considerá-los. Além disso, por ser um valor absoluto (somatório das mudanças de respostas do participante), os valores de Dúvida e Dúvida Média são iguais em ambos os casos.

Tabela 5.34: Prioridade - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)

Agrupamento	Participante	Tipo	Sim				
			1	2	3	4	P
T02	Binário	0.00	0.00	0.00	8.33	2.361	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	2.78	0.787	
T03	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
T04	Binário	0.00	0.00	0.00	8.33	1.944	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	2.78	0.648	
T05	Binário	0.00	0.00	0.00	8.06	2.084	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	2.69	0.694	
T06	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
T08	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
T09	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
T10	Binário	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
	Proporcional	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	

Dúvida - por Entrada

Para efeitos de análise, foi calculado o desvio-padrão da amostra, de modo que como o cálculo é baseado nas entradas, o desvio-padrão leva em consideração os valores que apareceram nos casos de testes ou agrupamentos em relação aos quais os valores transversais dessas entradas foram considerados. Assim, quanto menor o valor do desvio, mais equilibrada foi a dúvida entre os casos de teste daquela entrada, e quanto maior o valor, maior a dúvida em algum caso de teste específico (dando indícios de que o problema não está na entrada como um todo). Desse modo, os participantes *T03*, *T04* e *T08* podem ser apontados como possíveis exemplos de que não tiveram problemas com a leitura do círculo trigonométrico em si, mas, com alguma questão em especial. A mesma hipótese pode ser levantada para o participante *T05*.

Em ordem decrescente, de acordo com a Tabela 5.35, os cinco participantes com maior Dúvida foram *T04*, *T05*, *T03*, *T09* e *T08*, onde os dois primeiros coincidem com participantes que já haviam sido destacados em métricas anteriores.

É importante salientar que esta métrica mostra o grau de incerteza que um participante tem com relação à uma atividade, como a atividade foi executada como dicas para que o participante chegasse até a sua conclusão, supõe-se que, quanto mais dúvidas, maior a dificuldade que estes participantes tiveram para construir o conhecimento esperado acerca do tópico estudado.

Com relação às entradas, pode-se notar que as entradas *EF1* e *EV2* foram que mais sobressaíram, dando indícios de que os participantes tiveram dificuldades para encontrar os ângulos (e quadrantes) e para converter graus e radianos (tópico que envolve conhecimento da técnica ‘regra de três’).

Dúvida - por Casos

Tabela 5.35: Dúvida Exercício 1 - Cálculo por Entradas

Agrupamento	Sim				Não				-
Participante	EF1	EV1	EV2	Valor	EF1	EV1	EV2	Valor	Métrica
T02	7	1	0	8	7	1	0	8	Dúvida
	1.75	0.25	0.00	2.667	0.88	0.13	0.00	2.667	D Média
	1.48	0.43	0.00	-	1.05	0.33	0.00	-	DP
T03	28	8	8	44	28	8	8	44	Dúvida
	7.00	2.00	2.00	14.667	3.50	1.00	1.00	14.667	D Média
	4.30	0.71	0.00		3.57	0.50	0.00		DP
T04	32	12	9	53	32	12	9	53	Dúvida
	8.00	3.00	2.25	17.667	4.00	1.50	1.13	17.667	D Média
	5.39	3.67	2.86	-	4.30	2.00	1.54	-	DP
T05	18	1	27	46	18	1	27	46	Dúvida
	4.50	0.25	6.75	15.333	2.25	0.13	3.38	15.333	D Média
	2.06	0.43	6.30		2.33	0.33	5.59		DP
T06	13	2	0	15	13	2	0	15	Dúvida
	3.25	0.50	0.00	5.000	1.63	0.25	0.00	5.000	D Média
	3.70	0.50	0.00	-	2.74	0.43	0.00	-	DP
T08	24	0	1	25	24	0	1	25	Dúvida
	6.00	0.00	0.25	8.333	3.00	0.00	0.13	8.333	D Média
	5.05	0.00	0.43		3.87	0.00	0.33		DP
T09	10	1	15	26	10	1	15	26	Dúvida
	2.50	0.25	3.75	8.667	1.25	0.13	1.88	8.667	D Média
	2.06	0.43	5.93	-	1.92	0.33	4.59	-	DP
T10	11	0	6	17	11	0	6	17	Dúvida
	2.75	0.00	1.50	5.667	1.38	0.00	0.75	5.667	D Média
	2.38	0.00	1.50		2.18	0.00	1.30		DP

A Tabela 5.36 apresenta os dados de Dúvida calculados levando em consideração os casos de teste, onde cada coluna representa um caso específico, de modo que é possível observar que o participante *T03* teve mais dúvida nos casos *C3* e *C5*, 41.51% da Dúvida do participante *T04* se deu a partir do caso *C1* e 50% da Dúvida do participante *T05* é proveniente do caso *C6*, confirmando para os participantes *T03* e *T05* as suposições feitas na análise a partir do valor de dúvida para as entradas.

A coluna ‘valor’ apresenta os dados para a atividade como um todo, de modo a serem valores correspondentes aos da Tabela 5.35.

Com relação à Tabela 5.37, são apresentados os dados de Dúvida considerando que os casos de teste estão agrupados, de modo que um conjunto de casos de teste pode corresponder a um tópico em especial. No caso do Exercício 1, cada agrupamento corresponde a um quadrante do círculo trigonométrico conforme definido na última parte da Tabela disponível no Apêndice D.

Assim, caso seja da intenção do educador, a Dúvida pode ser calculada levando em consideração esta forma de organização dos dados, de modo que o estudante possa ser acompanhado/avaliado por uma perspectiva diferente das entradas e dos casos de teste.

Tabela 5.36: Dúvida Exercício A1 - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)

Agrup.	Não									Métrica
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Valor	
T02	3	1	2	0	1	0	1	0	8	Dúvida
	1.00	0.33	0.67	0.00	0.33	0.00	0.33	0.00	1.000	D Média
	1.41	0.47	0.94	0.00	0.47	0.00	0.47	0.00	1.00	DP
T03	3	3	15	4	8	3	5	3	44	Dúvida
	1.00	1.00	5.00	1.33	2.67	1.00	1.67	1.00	5.500	D Média
	0.82	0.00	4.97	0.47	2.36	0.00	0.94	0.00	3.937	DP
T04	22	11	3	2	2	1	2	10	53	Dúvida
	7.33	3.67	1.00	0.67	0.67	0.33	0.67	3.33	6.625	D Média
	5.44	1.25	1.41	0.94	0.94	0.47	0.94	1.25	6.85	DP
T05	0	12	5	0	1	23	5	0	46	Dúvida
	0.00	4.00	1.67	0.00	0.33	7.67	1.67	0.00	5.750	D Média
	0.00	3.74	1.70	0.00	0.47	6.55	1.25	0.00	7.579	DP
T06	1	9	0	0	0	1	4	0	15	Dúvida
	0.33	3.00	0.00	0.00	0.00	0.33	1.33	0.00	1.875	D Média
	0.47	3.56	0.00	0.00	0.00	0.47	1.89	0.00	2.98	DP
T08	9	3	10	0	1	1	1	0	25	Dúvida
	3.00	1.00	3.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	3.125	D Média
	4.24	1.41	4.71	0.00	0.47	0.47	0.47	0.00	3.789	DP
T09	14	0	7	0	1	0	4	0	26	Dúvida
	4.67	0.00	2.33	0.00	0.33	0.00	1.33	0.00	3.250	D Média
	6.60	0.00	1.89	0.00	0.47	0.00	1.89	0.00	4.71	DP
T10	1	0	4	1	6	0	0	5	17	Dúvida
	0.33	0.00	1.33	0.33	2.00	0.00	0.00	1.67	2.125	D Média
	0.47	0.00	1.89	0.47	2.83	0.00	0.00	1.70	2.315	DP

Observando a Tabela 5.37, pode-se notar que o participante T03 teve mais dificuldade no ‘Quadrante 2’ do que nos outros quadrantes, enquanto T04 e T09 tiveram mais dúvida no ‘Quadrante 1’, T05 no ‘Quadrante 3’ e, por fim, T08 teve mais dúvida nos quadrantes 1 e 2.

Através do desvio-padrão, é possível notar um desbalanceamento entre a dúvida do início e do fim do quadrante, assim, quanto menor o valor do desvio-padrão, mais próximos os valores de dúvida entre os casos de teste agrupados em um quadrante. Por exemplo, o participante T09 apresentou um desvio-padrão e uma média de 7.00, assim, ao observar as colunas C1 e C2 da Tabela 5.36 para este participante, observa-se que o caso C1 tem valor 14 e o caso C2 tem valor 0, corroborando a suposição do desbalanceamento.

Assertividade - A

De acordo com a Equação 4.4, a Assertividade considera as respostas corretas em relação ao total de marcações de resposta, de forma que é uma métrica que, de certo modo, relaciona a nota tradicional e a dúvida para considerar o grau de segurança de um estudante ao responder um exercício avaliativo.

Tabela 5.37: Dúvida - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)

Agrupamento	Sim					Métrica
	1	2	3	4	Valor	
T02	4	2	1	1	8	Dúvida
	2.00	1.00	0.50	0.50	2.00	D Média
	1.00	1.00	0.50	0.50	1.22	DP
T03	6	19	11	8	44.000	Dúvida
	3.00	9.50	5.50	4.00	11.000	D Média
	0.00	5.50	2.50	1.00	4.950	DP
T04	33	5	3	12	53	Dúvida
	16.50	2.50	1.50	6.00	13.250	D Média
	5.50	0.50	0.50	4.00	11.88	DP
T05	12	5	24	5	46.000	Dúvida
	6.00	2.50	12.00	2.50	11.500	D Média
	6.00	2.50	11.00	2.50	7.762	DP
T06	10	0	1	4	15	Dúvida
	5.00	0.00	0.50	2.00	3.750	D Média
	4.00	0.00	0.50	2.00	3.90	DP
T08	12	10	2	1	25.000	Dúvida
	6.00	5.00	1.00	0.50	6.250	D Média
	3.00	5.00	0.00	0.500	4.815	DP
T09	14	7	1	4	26	Dúvida
	7.00	3.50	0.50	2.00	6.500	D Média
	7.00	3.50	0.50	2.00	4.82	DP
T10	1	5	6	5	17.000	Dúvida
	0.50	2.50	3.00	2.50	4.250	D Média
	0.50	1.50	3.00	2.50	1.920	DP

Além disso, conforme apresentado no Diagrama BPMN da Figura 4.22 (ver Seção 4.4.3), o cálculo da Assertividade em objetos tangíveis também pode levar em consideração se o critério é ‘por entrada’ ou ‘por caso de teste’. Desse modo, a Tabela 5.38 apresenta o cálculo da Assertividade por entrada, de modo que a tabela também considera a existência ou não de agrupamentos.

Assim como outras métricas apresentadas anteriormente, embora os valores da Assertividade sejam diferentes nas entradas e na atividade como um todo, ao comparar as duas partes da tabela, esses valores são proporcionais, de modo que a análise feita em um dos lados da tabela reflete os possíveis achados da contraparte.

Desse modo, considerando o lado sem agrupamento, os participantes *T04*, *T05* e *T09* apresentaram o menor valor de Assertividade no geral, sendo 0.671, 0.648 e 0.674, respectivamente. Com relação à entrada ‘EF1’, *T04* foi obtido um resultado abaixo de 50% (0.458), portanto, o pior resultado do grupo. Considerando a entrada ‘EV1’, todos os participantes obtiveram resultados acima de 88.90%, enquanto para ‘EV2’, *T05* e *T09* obtiveram valores abaixo de 40%, sendo 0.321 e 0.364, respectivamente.

Tabela 5.38: Assertividade - Cálculo por Entradas

Agrupamento	Sim				Não			
	Participante	EF1	EV1	EV2	A	EF1	EV1	EV2
T02	0.938	1.000	1.000	0.979	0.900	1.000	1.000	0.967
T03	0.792	0.917	1.000	0.903	0.727	0.889	1.000	0.872
T04	0.461	0.917	0.833	0.737	0.458	0.889	0.667	0.671
T05	0.775	0.917	0.492	0.728	0.733	0.889	0.321	0.648
T06	0.775	0.833	1.000	0.869	0.692	0.800	1.000	0.831
T08	0.838	1.000	0.917	0.918	0.769	1.000	0.889	0.886
T09	0.838	0.917	0.700	0.818	0.769	0.889	0.364	0.674
T10	1.000	1.000	0.667	0.889	1.000	1.000	0.571	0.857

A Tabela 5.39 apresenta os resultados do cálculo sem agrupamento, de modo que é possível visualizar a Assertividade obtida em cada caso de teste e a final do exercício. Assim, com relação ao todo dos casos de teste, o participante *T04* obteve a menor Assertividade (0.644), seguido por *T05* com 0.725.

Ao observar os casos de teste, nota-se que *T04* teve um desempenho abaixo de 50% para unicamente para o caso *C2* (0.333), enquanto *T05* teve o mesmo desempenho para os casos *C2* (0.364) e *C6* (0.267). Por fim, o participante *T10* obteve uma Assertividade de 0.429 para o caso *C8*, que correspondia ao fim do ‘Quadrante 4’.

Tabela 5.39: Assertividade - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)

Agrupamento	Não								A
	Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
T02	1.000	1.000	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	0.933
T03	0.750	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.906
T04	0.556	0.333	0.750	0.600	0.750	0.750	0.750	0.667	0.644
T05	1.000	0.364	0.667	1.000	1.000	0.267	0.500	1.000	0.725
T06	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.750	0.667	1.000	0.865
T08	0.800	0.750	0.800	1.000	1.000	0.750	1.000	1.000	0.888
T09	0.188	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.800	1.000	0.811
T10	0.750	1.000	1.000	0.750	1.000	1.000	1.000	0.429	0.866

Na Tabela 5.40, pode-de conferir os valores de assertividade calculados utilizando os quatro agrupamentos definidos para o Exercício 1, onde cada coluna corresponde a um agrupamento e última coluna exibe o valor da Assertividade para o exercício como um todo. É importante salientar que os valores apresentados nesta última coluna são diferentes do exibidos na Tabela 5.39, mas, mantém a proporcionalidade, de modo que os participantes *T04* e *T05* permanecem como os com o valor mais baixo.

Além disso, levando em consideração os agrupamentos, identificou-se que o participante *T09* obteve a menor assertividade para os quadrantes 1 e 2 (0.316 e 0.636), seguido por *T04* (0.444 e 0.667) e *T05* (0.500 e 0.667). Por fim, o participante *T05* obteve o menor valor com relação aos quadrantes 3 e 4, sendo 0.389 e 0.636, respectivamente.

Tabela 5.40: Assertividade - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)

Agrupamento	Sim				
	Participante	1	2	3	4
T02	1.000	0.875	1.000	1.000	0.969
T03	0.857	0.667	1.000	1.000	0.881
T04	0.444	0.667	0.750	0.700	0.640
T05	0.500	0.778	0.389	0.636	0.576
T06	0.667	1.000	0.857	0.778	0.825
T08	0.778	0.875	0.857	1.000	0.877
T09	0.316	0.636	1.000	0.875	0.707
T10	0.857	0.857	1.000	0.600	0.829

Níveis de Compreensão da Questão (NCQ) e do Questionário (NC)

Como introduzido na Seção 4.4.2.2, o NCQ é baseada nos índices de dificuldade do conteúdo abordado, do caso de teste e na nota ponderada, de acordo com a Equação 4.7, enquanto o NC considera um conjunto de NCQ em relação ao total de questões e o complementar da assertividade.

Assim, o diagrama BPMN da Figura 4.17 detalha o processo para aplicação do NCQ a objetos tangíveis, de modo que, para cada caso de teste, são definidos o ‘conceito’, os índices de dificuldade da questão e do caso, além do tempo esperado de resposta para as entradas ou caso, de modo que sejam utilizados no cálculo da métrica. As Figuras 4.32, 4.32 e 5.13 apresentam um recorte dos campos do banco de dados que armazena essas informações.

A Tabela 5.41 apresenta os valores de NCQ para as entradas de cada caso de teste da Atividade 1, onde cada coluna corresponde a um caso de teste e a coluna mais a direita é o NC da entrada considerando todos os casos.

É necessário destacar que, para este estudo exploratório foi considerado o modo ‘estudo’, onde os pesos de resposta utilizados para o cálculo do NCQ são os pesos médios de todas as respostas dos participantes. Neste trabalho, parte-se da ideia de que esse mecanismo tem potencial para um acompanhamento do processo construção da aprendizagem como um todo, uma vez que a média pode ser utilizada para estimar o quanto próximo da resposta correta o participante chegou, considerando o caminho feito e, independentemente de ter ou não finalizado o exercício.

Assim, de acordo com a Tabela 5.41, considerando somente a entrada $EF1$ e os valores de NCQ , o participante $T02$ possui um nível de compreensão de questão abaixo de 50% para os casos de teste $C1$, $C2$ e $C3$, enquanto o participante $T03$ obteve NCQ acima de 50% somente nos casos $C2$, $C4$ e $C6$.

Com relação ao NC da entrada $EF1$, os participantes com percentual mais baixo são $T03$, $T04$ e $T05$, de modo que o participante $T04$ se destaca por ter um nível de compreensão do questionário de 25%.

Tabela 5.41: NCQ e NC - Cálculo por Entradas (sem agrupamento)

Agrupamento	Participante	Não									NC
		Ent.	C1	C2	C3	NCQ		C5	C6	C7	
T02	EF1	0.415	0.251	0.299	1.000	0.896	0.899	0.714	0.976	0.673	
	EV1	1.000	0.727	0.851	0.889	0.727	1.000	0.870	1.000	0.883	
	EV2	1.000	1.000	0.992	0.992	0.978	0.250	0.992	0.000	0.775	
T03	EF1	0.089	0.536	0.056	1.000	0.331	0.519	0.343	0.316	0.386	
	EV1	0.714	0.635	0.235	0.256	0.430	0.099	0.500	0.262	0.386	
	EV2	0.978	1.000	0.885	0.755	0.945	0.940	0.965	0.959	0.928	
T04	EF1	0.067	0.204	0.185	0.364	0.357	0.465	0.288	0.205	0.250	
	EV1	0.301	0.159	0.870	0.909	1.000	0.800	0.909	0.759	0.704	
	EV2	0.981	0.197	0.989	1.000	1.000	0.250	1.000	0.987	0.768	
T05	EF1	0.769	0.215	0.294	1.000	0.571	0.220	0.092	0.303	0.419	
	EV1	0.690	0.678	0.308	0.548	0.976	0.357	0.870	0.435	0.599	
	EV2	0.981	0.209	0.960	0.928	1.000	0.088	0.288	0.882	0.615	
T06	EF1	0.530	0.094	0.288	1.000	0.811	0.930	0.084	0.762	0.542	
	EV1	0.597	0.180	0.606	0.930	1.000	0.392	0.755	1.000	0.666	
	EV2	0.758	1.000	0.955	1.000	1.000	0.250	0.855	1.000	0.852	
T08	EF1	0.312	0.309	0.390	0.976	0.659	0.370	0.769	0.976	0.578	
	EV1	0.833	0.161	1.000	0.952	0.870	0.476	0.851	1.000	0.768	
	EV2	0.829	0.914	1.000	1.000	1.000	0.492	0.986	1.000	0.890	
T09	EF1	0.544	0.769	0.261	1.000	0.698	0.909	0.705	1.000	0.715	
	EV1	0.976	0.889	0.345	0.976	1.000	0.851	0.952	1.000	0.862	
	EV2	0.128	1.000	0.460	0.978	1.000	0.250	1.000	1.000	0.674	
T10	EF1	0.635	0.619	0.403	1.000	0.274	0.792	0.741	0.702	0.646	
	EV1	0.417	0.800	0.930	0.519	0.769	1.000	1.000	0.909	0.793	
	EV2	0.438	1.000	1.000	0.484	1.000	0.250	1.000	0.000	0.634	

Por outro lado, a Tabela 5.42 apresenta os níveis de compreensão calculados considerando os agrupamentos, assim, é possível verificar o valor de NCQ de cada entrada em cada um dos agrupamentos.

Desse modo, é possível avaliar que, considerando a entrada $EF1$, aproximadamente 62.5% dos participantes ($T02$, $T03$, $T04$, $T08$ e $T09$) tiveram mais dificuldade com o ‘Quadrante 1’. Note-se que $T06$ também poderia ser acrescentado a essa lista uma vez que seu nível de compreensão para o primeiro agrupamento está muito próximo ao do quarto.

Embora, para o primeiro agrupamento, seja possível cogitar que a dificuldade inicial dos participantes deveu-se a um primeiro uso do objeto tangível e sua consequente adaptação, essa mesma possibilidade já não é plausível para o ‘Quadrante 4’, onde os participantes $T05$ e $T06$ obtiveram o menor NCQ , além de que $T03$ e $T04$ obtiveram seu segundo menor NCQ para este agrupamento. Além disso, com relação o NCQ mais baixo de $T10$ foi no ‘Quadrante 3’ do círculo trigonométrico.

Tabela 5.42: NCQ e NC - Cálculo por Entradas (com agrupamento)

Agrupamento	Sim					
	Participante	NCQ				NC
T02		Ent.	1	2	3	4
EF1	0.324	0.803	0.897	0.809	0.698	
EV1	0.889	0.870	0.842	1.000	0.900	
T03	EV2	1.000	0.992	1.000	0.000	0.748
	EF1	0.187	0.504	0.418	0.327	0.341
	EV1	0.672	0.249	0.161	0.324	0.344
T04	EV2	1.000	0.814	0.908	0.962	0.921
	EF1	0.097	0.354	0.412	0.234	0.242
	EV1	0.232	0.889	0.964	0.813	0.710
T05	EV2	0.590	0.996	0.250	0.992	0.679
	EF1	0.366	0.787	0.336	0.178	0.395
	EV1	0.684	0.435	0.523	0.543	0.535
T06	EV2	0.535	0.944	0.519	0.584	0.573
	EF1	0.256	0.859	0.875	0.228	0.525
	EV1	0.337	0.734	0.667	0.909	0.635
T08	EV2	0.954	0.984	0.250	0.944	0.783
	EF1	0.305	0.863	0.456	0.875	0.600
	EV1	0.269	0.988	0.615	0.971	0.711
T09	EV2	0.900	1.000	0.732	1.000	0.889
	EF1	0.622	0.786	0.805	0.855	0.737
	EV1	0.930	0.606	0.941	1.000	0.852
T10	EV2	0.540	0.711	0.250	1.000	0.582
	EF1	0.628	0.912	0.438	0.718	0.674
	EV1	0.548	0.667	0.879	0.943	0.759
	EV2	0.747	0.742	1.000	0.550	0.701

Levando em consideração a entrada $EV2$, que considera a conversão entre grau e radiano, o agrupamento 3 correspondeu a maior quantidade de participantes com menor NCQ que 50% ($T04$, $T06$ e $T09$), seguido pelo agrupamento 4 ($T02$ e $T10$).

Considerando somente o Nível de Compreensão (NC), com exceção de $T09$, a entrada com maior dificuldade para os participantes foi $EF1$, o que pode sugerir uma maior dificuldade com relação à localização dos ângulos de início e fim dos quadrantes no círculo trigonométrico.

Ao verificar a Tabela 5.42, nota-se que a entrada $EV1$ obteve o segundo menor NC para metade do grupo ($T03$, $T05$, $T06$, $T08$), enquanto $EV2$ foi a segunda pior apenas para os participantes $T02$ e $T04$. Entretanto, $T09$ teve mais dificuldade com $EV2$ do que com as outras entradas e $T10$ obteve o mesmo nível de compreensão para $EF1$ e $EV2$. É importante salientar que a entrada $EV1$ corresponde ao valor do ângulo em grau, enquanto $EV2$ ao valor em radianos.

As Tabelas 5.43 e 5.44 apresentam NCQ e NC baseados nos casos de teste, onde 5.43 é relativa aos cálculos sem agrupamento e 5.43 apresenta os resultados considerando a existência dos agrupamentos.

Tabela 5.43: NCQ e NC - Cálculo por Caso de Teste (sem agrupamento)

Agrupamento	Não								
	Participante	NCQ							
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
T02	0.606	0.661	0.556	1.000	0.824	1.000	0.809	0.667	0.759
T03	0.241	0.847	0.162	0.808	0.418	0.640	0.455	0.354	0.485
T04	0.180	0.243	0.463	0.649	0.778	0.833	0.621	0.489	0.509
T05	0.766	0.254	0.395	0.962	0.761	0.450	0.183	0.375	0.501
T06	0.429	0.360	0.423	1.000	0.933	0.833	0.229	0.935	0.632
T08	0.427	0.354	0.630	0.980	0.809	0.695	0.824	1.000	0.705
T09	0.145	1.000	0.274	1.000	0.881	1.000	0.851	1.000	0.751
T10	0.426	0.982	0.614	0.794	0.453	1.000	0.892	0.409	0.683

Analizando a Tabela 5.43 sob a perspectiva dos participantes, *T02* e *T03* obtiveram menor nível de compreensão no caso de teste *C3* (0.556 e 0.162, respectivamente), enquanto para *T04* foi o caso *C1*, para *T05* e *T06* foi o caso *C7* (0.183 e 0.229, respectivamente) seguido do caso *C2* (0.254 e 0.360), para *T08* foi o caso *C02*, para *T09* foi o caso *C1* (0.145) seguido do caso *C3* (0.274) e, por fim, para *T10* o caso com menor NCQ foi *C8* (0.409) seguido do caso *C1* (0.426).

Considerando o nível de compreensão do questionário (NC) da Tabela 5.43, os participantes com menor valor são *T03*, *T05* e *T04*, respectivamente, cujos níveis correspondem a 48.50%, 50.10% e 50.90%.

Tabela 5.44: NCQ e NC - Cálculo por Caso de Teste (com agrupamento)

Agrupamento	Sim				
	Participante	NCQ			
		1	2	3	4
T02	0.642	0.910	1.000	0.750	0.819
T03	0.472	0.557	0.649	0.389	0.502
T04	0.233	0.652	0.833	0.536	0.517
T05	0.364	0.775	0.632	0.274	0.462
T06	0.422	0.880	0.917	0.430	0.635
T08	0.381	0.922	0.783	0.947	0.736
T09	0.366	0.717	1.000	0.969	0.711
T10	0.689	0.835	0.932	0.587	0.725

Com relação à Tabela 5.44, os participantes *T02*, *T04*, *T06*, *T08* e *T09* obtiveram menor nível de compreensão da questão no agrupamento 1, enquanto *T03*, *T05* e *T10* obtiveram menor NCQ no agrupamento 4, de modo que estes dois agrupamentos são os que os participantes tiveram maior dificuldade.

Observando o NC , os participantes *T05*, *T03* e *T04* são os com menor nível de compreensão do questionário, de modo que é interessante notar que são os mesmos participantes apontados pelo cálculo sem agrupamentos, embora em ordem diferente.

5.2.5.2 Exercício 2 - Ângulos

Nesta atividade, o objeto tangível tem a interface física modificada (ver Seção C.5.2) de modo que a Questão 2 do exercício de fixação tradicional (ver Seção C.4) seja instanciada e, através da manipulação do ponteiro físico, os estudantes ‘descubram’ a posição dos ângulos solicitados pela interface virtual (ver Figura 5.15) de acordo com os parâmetros apresentados no Apêndice E.

Além disso, assim como no Exercício 1, após inserir a informação do ângulo através do ponteiro físico, o estudante deve informar os valores dos ângulos em graus e em radianos.

Figura 5.15: Exercício 2 - Ângulos

É importante salientar que esta atividade contém dezoito casos de teste (ver Apêndice E), de modo que em todos os casos é solicitado que o estudante manipule o ponteiro físico até encontrar o ângulo requisitado. Após o envio da resposta física, a interface virtual solicita que sejam inseridos o valor do ângulo em grau e em radiano.

Nota Tradicional - NT

Assim como na Seção 5.2.5.1, apresentaremos as possibilidades de cálculo da nota tradicional que pode ser baseada nas ‘entradas’ ou ‘casos de teste’, onde nessa segunda opção, há as variantes de cálculo ‘binário’ e ‘proporcional’. É importante salientar que, embora o Apêndice J contenha a

associação entre entradas e pesos dos casos de teste na nota ponderada, esta associação também é utilizada para a nota tradicional, uma vez que o peso 4 corresponde a resposta correta (que é a utilizada na nota tradicional).

A Tabela 5.45 apresenta os resultados de NT que foram calculados considerando as três ‘entradas’ do exercício, respectivamente, $EF1$, $EV1$ e $EV2$.

Tabela 5.45: NT - Cálculo por Entradas

NOTA TRADICIONAL - ENTRADAS				
Participante	EF1	EV1	EV2	Média
T02	9.44	10.00	10.00	9.815
T03	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	7.78	10.00	10.00	9.259
T05	7.78	10.00	10.00	9.259
T06	8.89	10.00	10.00	9.630
T08	8.89	10.00	10.00	9.630
T09	9.44	10.00	10.00	9.815
T10	9.44	10.00	10.00	9.815
Média	8.96	10.00	10.00	9.653

Assim, é possível notar que, para todos os participantes, a entrada $EF1$ obteve os menores valores de NT e, portanto, a menor média do grupo. Além disso, os participantes $T04$ e $T05$ obtiveram a menor NT considerando a atividade como um todo.

É importante recordar que o cálculo da nota tradicional utiliza a última resposta dada, e como a atividade pressupõe que o participante tenha ‘construído’ o círculo trigonométrico, é esperado que a NT tenha o valor 10, de modo que se esse não é o valor obtido, então, é porque a atividade não foi concluída.

Assim, $T03$ foi o único participante do grupo que concluiu a parte do quadro trigonométrico correspondente a Atividade 2, seguindo todas as ajudas fornecidas pelo mesmo, de modo que o resultado final seja o quadro trigonométrico construído com os quadrantes e os dezoito ângulos solicitados.

Tabela 5.46: NT - Cálculo por Casos de Teste (binário)

Participante	Casos de Teste								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
T02	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T04	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00
T05	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00
T06	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T08	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T09	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Média	10.00	10.00	8.75	10.00	7.50	8.75	10.00	8.75	8.75

As Tabelas 5.46 e 5.47 exibem os resultados da nota tradicional, de modo que todas as entradas estão consolidadas em cada um dos casos de teste apresentados. Assim, observa-se que os casos C1, C2, C4, C7, C13, C14 e C18 foram concluídos por todos os participantes, enquanto os casos C5, C12, C15 e C17 são os casos com menor índice de conclusão.

Tabela 5.47: *NT* - Cálculo por Casos de Teste (binário)

Part.	Casos de Teste									
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Média
T02	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.444
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	7.778
T05	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	10.00	10.00	7.778
T06	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.889
T08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	8.889
T09	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.444
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	9.444
Média	8.75	8.75	7.50	10.00	10.00	7.50	8.75	7.50	10.00	8.958

Do ponto de vista dos participantes, a coluna ‘Média’ da Tabela 5.47 apresenta as notas tradicionais do exercício inteiro para cada indivíduo, de modo que, tal como na Tabela 5.50, os participantes T04 e T05 foram os que obtiveram menor nota tradicional, sendo 7.778 para ambos.

Tabela 5.48: *NT* - Cálculo por Casos de Teste (proporcional)

Participante	Casos de Teste									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
T02	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T04	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	6.67	
T05	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	
T06	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	
T08	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
T09	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
Média	10.00	10.00	9.58	10.00	9.17	9.58	10.00	9.58	9.58	

As Tabelas 5.48 e 5.49 apresentam os resultados de nota tradicional considerando o cálculo proporcional. Ao comparar com a variante ‘binária’, não há diferenças com relação aos casos de teste concluídos ou aos participantes com a menor nota.

Além disso, vale ressaltar que a diferença entre os modos de calcular é observada no valor absoluto da nota tradicional, uma vez que o modo binário considera que todas as entradas de um caso de teste precisam estar corretas para que o caso de teste esteja correto, enquanto o modo proporcional considera a média da exatidão das entradas do caso.

Nota Ponderada - *NP*

Tabela 5.49: *NT* - Cálculo por Casos de Teste (proporcional)

Part.	Casos de Teste									
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Média
T02	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.815
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	9.259
T05	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	6.67	10.00	10.00	9.259
T06	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.630
T08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	10.00	9.630
T09	10.00	10.00	6.67	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.815
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67	10.00	9.815
Média	9.58	9.58	9.17	10.00	10.00	9.17	9.58	9.17	10.00	9.653

A Tabela 5.50 apresenta os resultados de nota ponderada considerando as entradas *EF1*, *EV1* e *EV2* do Exercício 2, onde é possível notar que o participante com menor média de *NP* foi *T03* (8.341), seguido por *T06* (8.413) e por *T05* (8.585). Além disso, os participantes com melhor desempenho nesta métrica foram *T10* com média da nota ponderada igual a 9.238, seguido por *T08* com *NP* igual a 9.204 e por *T02* com 9.118.

Tabela 5.50: *NP* - Cálculo por Entradas

Participante	EF1	EV1	EV2	Média
T02	7.35	10.00	10.00	9.118
T03	6.27	9.93	8.82	8.341
T04	7.65	9.72	9.56	8.978
T05	6.54	10.00	9.21	8.585
T06	6.58	9.42	9.24	8.413
T08	8.61	9.72	9.28	9.204
T09	8.02	9.76	8.31	8.695
T10	8.92	9.72	9.07	9.238
Média	7.49	9.78	9.19	8.821

Com relação às entradas, foi calculada a média das notas ponderadas dos participantes de modo a prover uma melhor visualização do conjunto. Assim, nota-se que *EF1* foi a entrada com menor nota ponderada (7.49), seguida por *EV2* com *NP* igual a 9.19.

Considerando as notas individuais, os participantes *T03*, *T05* e *T06*, obtiveram o menor valor de nota ponderada para a entrada *EF1*, indicando que sua dificuldade maior consistiu em indicar corretamente o ângulo solicitado através da interface física (ponteiro do objeto tangível).

Por outro lado, as Tabelas 5.51 e 5.52 exibem os resultados da nota ponderada calculados com base dos casos de teste, onde a Tabela 5.51 apresenta os casos 1 ao 10, enquanto a Tabela 5.52 contém os dados dos casos de 11 a 18, incluindo a média da nota ponderada para o exercício completo (coluna ‘Média’).

Desse modo, comparando as médias das notas ponderadas dos participantes para os casos de teste, os casos de teste com menor valor foram *C15*, *C16* e *C17*, respectivamente com 7.48, 7.48 e 7.61.

Tabela 5.51: *NP* - Cálculo por Casos de Teste

Part.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T02	9.17	9.58	10.00	9.17	9.17	9.17	9.17	10.00	9.17	10.00
T03	9.72	7.08	10.00	9.17	8.50	8.00	9.17	8.47	8.45	9.58
T04	9.58	9.58	9.58	10.00	9.58	8.75	9.17	9.58	9.17	9.58
T05	6.33	8.33	10.00	10.00	10.00	7.92	8.75	8.33	10.00	10.00
T06	10.00	9.58	10.00	9.17	8.13	8.75	9.17	8.54	10.00	7.92
T08	10.00	9.58	9.17	10.00	7.50	10.00	10.00	10.00	9.17	10.00
T09	10.00	7.92	10.00	10.00	10.00	8.75	10.00	6.25	10.00	10.00
T10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.33	10.00
Média	9.35	8.96	9.84	9.69	9.11	8.92	9.43	8.90	9.29	9.64

De acordo com o Apêndice E, tais casos de teste correspondem, respectivamente, aos ângulos 600° , -135° e -225° , isto é, dois ângulos negativos (círculo percorrido no sentido horário) e um ângulo côngruo (cujo arco é maior do que 360°).

Ao observar a coluna ‘Média’, que contém das notas ponderadas para a atividade como um todo, nota-se que, assim como no modo de cálculo ‘por entrada’, o participante *T03* obteve o menor valor médio de *NP*, correspondendo a 8.156, tal como os participantes *T10*, *T08* e *T02* obtiveram as melhores pontuações, respectivamente, 9.238, 9.204 e 9.118.

Tabela 5.52: *NP* - Cálculo por Casos de Teste

Participante	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Média
T02	9.17	9.17	8.89	10.00	7.42	7.40	9.17	8.33	9.118
T03	9.58	7.28	8.75	8.13	7.92	5.43	7.42	7.50	8.156
T04	9.17	6.11	7.50	8.96	9.17	7.50	8.61	10.00	8.978
T05	8.96	10.00	8.44	8.54	7.71	5.11	8.33	7.78	8.585
T06	7.92	7.71	7.78	10.00	5.83	7.50	3.44	10.00	8.413
T08	10.00	8.33	9.58	9.17	9.17	7.33	8.33	8.33	9.204
T09	9.17	7.50	10.00	8.54	5.69	10.00	5.61	7.08	8.695
T10	5.83	10.00	7.50	9.58	6.94	9.58	10.00	8.50	9.238
Média	8.72	8.26	8.55	9.11	7.48	7.48	7.61	8.44	8.821

Prioridade - *P*

Tabela 5.53: *P* - Cálculo por Entradas

Participante	EF1	EV1	EV2	P Média
T02	0.41	0.00	0.00	0.136
T03	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	1.70	0.00	0.00	0.567
T05	1.45	0.00	0.00	0.485
T06	0.73	0.00	0.00	0.244
T08	0.96	0.00	0.00	0.319
T09	0.45	0.00	0.00	0.148
T10	0.50	0.00	0.00	0.165
Média	0.77	0.00	0.00	0.258

Com relação à prioridade, a Tabela 5.53 exibe os resultados calculados sob a perspectiva das ‘entradas’, onde somente a entrada $EF1$ possui valores diferentes de zero. Tal fato advém de que esta métrica depende da nota ponderada em conjunto com a nota tradicional e, uma vez que os participantes concluíram com êxito as atividades relacionadas às entradas $EV1$ e $EV2$ (ver Tabela 5.45), somente a entrada $EF1$ terá uma prioridade não-nula.

Assim, proporcionalmente, a prioridade da entrada deve coincidir com a prioridade média, que considera o exercício inteiro, de modo que os participantes com maior prioridade são $T04$ (P igual a 0.567) e $T05$ (P igual a 0.485).

Tabela 5.54: P - Cálculo por Casos de Teste (Binário)

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T02	0.00	0.00	0.00	9.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.58	9.17	0.00
T05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.92	0.00	0.00	0.00	10.00
T06	0.00	0.00	0.00	0.00	8.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T08	0.00	9.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Média	0.00	1.15	0.00	1.15	1.02	0.99	0.00	1.20	1.15	1.25

As Tabelas 5.54 e 5.55 apresentam os dados dos cálculos baseados no modo ‘binário’. Assim, o participante $T03$ é o único com média da prioridade igual a zero, uma vez que completou o exercício até o fim. Além disso, os médias das prioridades dos casos $C1$, $C3$, $C7$, $C13$ e $C18$ também estão zerados por que foram finalizados por todos os participantes (NT igual a 10.00).

Tabela 5.55: P - Cálculo por Casos de Teste (Binário)

Participante	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Média
T02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.507
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	0.00	6.11	0.00	0.00	9.17	0.00	0.00	0.00	1.995
T05	0.00	0.00	0.00	0.00	7.71	5.11	0.00	0.00	1.908
T06	7.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.935
T08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	1.023
T09	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.483
T10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.513
Média	0.99	1.70	0.00	0.00	2.11	0.64	2.29	0.00	0.920

Além disso, o caso com maior média de prioridade considerando o grupo é $C15$ com média igual a 2.11 que, conforme mencionado anteriormente, corresponde a um caso de teste que aborda o conteúdo de ângulos côngruos. Os casos de teste seguintes, em ordem decrescente, são $C17$ e $C12$, abordando o ângulo negativo -225° e o ângulo côngruo 420° , respectivamente.

É importante ressaltar que a utilidade de se calcular a prioridade média para o grupo se dá pelo fato de que, assim, é possível comparar a prioridade de diferentes exercícios para um mesmo grupo (ou

turma), de modo a proporcionar mais elementos para tomadas de decisão quando é necessário optar por algum tópico para eventuais atividades de reforço.

Tabela 5.56: *P* - Cálculo por Casos de Teste (Proporcional)

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T02	0.00	0.00	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	3.06	0.00
T05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	3.33
T06	0.00	0.00	0.00	0.00	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T08	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Média	0.00	0.00	0.38	0.00	0.72	0.33	0.00	0.40	0.38	0.42

Por fim, as Tabelas 5.56 e 5.57 apresentam os resultados relacionados ao modo ‘proporcional’, onde os casos de teste com prioridade zero são *C1*, *C2*, *C4*, *C7*, *C13*, *C14* e *C18* e o caso com maior prioridade é *C17*, cujo valor médio é de 0.76, seguido pelos casos *C5* com 0.72 e *C15* com 0.70, onde *C5* está relacionado ao ângulo 120. Além destes, cabe destacar o caso *C12* dentre os casos com maior prioridade, de modo que *C15*, *C17* e *C12* são casos que também se destacam no modo ‘binário’ de cálculo.

Tabela 5.57: *P* - Cálculo por Casos de Teste (Proporcional)

Participante	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Média
T02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.169
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	0.00	2.04	0.00	0.00	3.06	0.00	0.00	0.00	0.665
T05	0.00	0.00	0.00	0.00	2.57	1.70	0.00	0.00	0.636
T06	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.312
T08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.341
T09	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.161
T10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	0.00	0.171
Média	0.33	0.57	0.00	0.00	0.70	0.21	0.76	0.00	0.307

Por fim, os participantes com maior prioridade seguem sendo *T04* e *T05* com 0.665 e 0.636, respectivamente.

Dúvida - *D*

A Tabela 5.58, que contém os resultados da Dúvida calculados por entrada, apresenta os valores de Dúvida, Dúvida Média e Desvio-padrão de modo a possibilitar uma melhor observação do conjunto de dados obtidos no experimento.

Assim, com relação a quantidade de mudanças na resposta em uma entrada, nota-se que *EF1* foi a entrada com maior trocas de resposta. Esse comportamento era esperado uma vez que os participantes precisam ‘descobrir’ a posição correta no círculo trigonométrico do ângulo solicitado nos casos de teste e que o rótulo dos casos coincide com o valor em grau ou radiano.

Além disso, exceto para os participantes *T02* e *T06*, a entrada *EV2* obteve a segunda maior dúvida para todos os indivíduos. E, como mencionado anteriormente, esta entrada corresponde ao valor do ângulo em ‘radianos’, que parece ser motivo de maiores dificuldades para os participantes do que o valor em ‘grau’.

Tabela 5.58: *D* - Cálculo por Entradas

Participante	EF1	EV1	EV2	Valor	Métrica
T02	42	0	0	42	Dúvida
	2.33	0.00	0.00	14.000	Dúvida Média
	3.86	0.00	0.00		Desvio-Padrão
T03	83	1	23	107	Dúvida
	4.61	0.06	1.28	35.667	Dúvida Média
	5.00	0.23	2.82		Desvio-Padrão
T04	26	1	7	34	Dúvida
	1.44	0.06	0.39	11.333	Dúvida Média
	1.30	0.23	1.21		Desvio-Padrão
T05	43	0	5	48	Dúvida
	2.39	0.00	0.28	16.000	Dúvida Média
	2.81	0.00	0.56		Desvio-Padrão
T06	54	3	3	60	Dúvida
	3.00	0.17	0.17	20.000	Dúvida Média
	3.64	0.50	0.37		Desvio-Padrão
T08	15	1	5	21	Dúvida
	0.83	0.06	0.28	7.000	Dúvida Média
	1.01	0.23	0.93		Desvio-Padrão
T09	41	3	9	53	Dúvida
	2.28	0.17	0.50	17.667	Dúvida Média
	4.02	0.69	0.83		Desvio-Padrão
T10	15	3	5	23	Dúvida
	0.83	0.17	0.28	7.667	Dúvida Média
	1.74	0.50	0.56		Desvio-Padrão

Ademais, ao observar os valores de desvio-padrão das entradas dos participantes, nota-se que o desvio tende a ser maior para a entrada *EF1*, de modo que esse conjunto se mostra mais disperso do que os outros, o que pode significar que, considerando uma mesma entrada, os valores da dúvida entre os casos de teste são muito diferentes entre si, de modo que deve haver algum caso de teste que gerou mais dificuldade.

Outro resultado a ser notado é que os três participantes com maior Dúvida são *T03*, *T06* e *T09* cujos valores são 107, 60 e 53, respectivamente, de modo que a dúvida média acompanha a mesma proporcionalidade.

As Tabelas 5.59 e 5.60 apresentam os resultados de dúvida calculados por caso de teste, onde a Tabela 5.59 contém os casos de 1 a 10 e a Tabela 5.60 os casos de 11 a 18, além do valor total para o exercício. Além disso, tal como a Tabela 5.58, tais tabelas apresentam os valores de dúvida, dúvida média e desvio-padrão, todavia, aplicados a cada caso de teste.

Tabela 5.59: D - Cálculo por Casos de Teste

Part.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Métrica
T02	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	D
	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.33	0.00	D Média
	0.47	0.47	0.00	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00	0.47	0.00	DP
T03	2.00	23.00	0.00	2.00	5.00	4.00	1.00	7.00	8.00	1.00	D
	0.67	7.67	0.00	0.67	1.67	1.33	0.33	2.33	2.67	0.33	D Média
	0.94	10.14	0.00	0.94	2.36	1.25	0.47	3.30	3.77	0.47	DP
T04	1.00	1.00	5.00	0.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	D
	0.33	0.33	1.67	0.00	0.33	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	D Média
	0.47	0.47	2.36	0.00	0.47	0.94	0.47	0.47	0.47	0.47	DP
T05	5.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	5.00	1.00	0.00	0.00	D
	1.67	0.33	0.00	0.00	0.00	0.67	1.67	0.33	0.00	0.00	D Média
	1.70	0.47	0.00	0.00	0.00	0.47	2.36	0.47	0.00	0.00	DP
T06	0.00	1.00	0.00	1.00	3.00	1.00	2.00	3.00	0.00	2.00	D
	0.00	0.33	0.00	0.33	1.00	0.33	0.67	1.00	0.00	0.67	D Média
	0.00	0.47	0.00	0.47	1.41	0.47	0.94	1.41	0.00	0.47	DP
T08	0.00	2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	D
	0.00	0.67	0.33	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	D Média
	0.00	0.94	0.47	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	DP
T09	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	7.00	0.00	0.00	D
	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.33	0.00	0.00	D Média
	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.94	0.00	0.00	DP
T10	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	D
	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	D Média
	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	DP
Média	1.13	3.88	0.75	0.63	1.50	1.63	1.25	2.38	1.50	0.50	
DP	1.73	7.75	1.75	0.74	1.77	1.41	1.67	3.02	2.67	0.76	

É importante salientar que, sendo o valor da dúvida um valor absoluto em relação à quantidade de alterações na resposta de uma questão, o valor total é o mesmo independentemente do modo de calcular, seja por entrada ou seja por casos de teste.

Com relação aos casos de teste, pode-se notar que os casos com maior média da dúvida são C16 com 6.63, seguido por C15 com 6.38, entretanto, é importante notar que ambos os casos também possuem um elevado desvio-padrão o que indica que essa média pode estar mais elevada em decorrência de que alguns participantes trocaram muitas vezes a resposta, enquanto outros o fizeram pouco. De fato, observando os valores de dúvida dos participantes para o caso C16, nota-se que dois indivíduos (T03, T06 e T05) obtiveram valores de dúvida acima de 10, isto é, 14, 12 e 11, respectivamente, enquanto, a metade do grupo (T04, T08, T09 e T10) obteve valores entre 0 e 4.

Nesse sentido, os casos menos problemáticos, isto é, que os dados dos participantes estão menos dispersos são C10 e C4, respectivamente, de modo que estes também estão entre os menores valores de dúvida para o exercício e, assim, pode-se inferir a possibilidade de que os participantes tiveram menos dificuldade com esses dois casos em especial.

Tabela 5.60: D - Cálculo por Casos de Teste

Part.	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Valor	Métrica
T02	1.00	2.00	2.00	0.00	16.00	9.00	2.00	3.00	42.00	D
	0.33	0.67	0.67	0.00	5.33	3.00	0.67	1.00	2.33	D Média
	0.47	0.94	0.94	0.00	7.54	4.24	0.94	1.41	3.86	DP
T03	1.00	17.00	3.00	3.00	6.00	14.00	5.00	5.00	107.00	D
	0.33	5.67	1.00	1.00	2.00	4.67	1.67	1.67	5.94	D Média
	0.47	4.92	1.41	1.41	2.16	4.11	1.70	1.70	6.00	DP
T04	1.00	7.00	4.00	3.00	1.00	2.00	2.00	0.00	34.00	D
	0.33	2.33	1.33	1.00	0.33	0.67	0.67	0.00	1.89	D Média
	0.47	2.05	1.89	1.41	0.47	0.47	0.94	0.00	1.76	DP
T05	5.00	0.00	9.00	3.00	3.00	11.00	1.00	2.00	48.00	D
	1.67	0.00	3.00	1.00	1.00	3.67	0.33	0.67	2.67	D Média
	1.70	0.00	4.24	1.41	1.41	3.86	0.47	0.94	3.14	DP
T06	9.00	4.00	3.00	0.00	11.00	12.00	8.00	0.00	60.00	D
	3.00	1.33	1.00	0.00	3.67	4.00	2.67	0.00	3.33	D Média
	4.24	1.89	1.41	0.00	4.50	5.66	1.70	0.00	3.83	DP
T08	0.00	3.00	1.00	3.00	1.00	4.00	1.00	2.00	21.00	D
	0.00	1.00	0.33	1.00	0.33	1.33	0.33	0.67	1.17	D Média
	0.00	1.41	0.47	1.41	0.47	1.89	0.47	0.94	1.21	DP
T09	2.00	2.00	0.00	4.00	9.00	0.00	7.00	17.00	53.00	D
	0.67	0.67	0.00	1.33	3.00	0.00	2.33	5.67	2.94	D Média
	0.94	0.47	0.00	1.89	2.45	0.00	2.05	8.01	4.40	DP
T10	4.00	0.00	5.00	1.00	4.00	1.00	0.00	6.00	23.00	D
	1.33	0.00	1.67	0.33	1.33	0.33	0.00	2.00	1.28	D Média
	0.47	0.00	2.36	0.47	0.94	0.47	0.00	2.83	1.94	DP
Média	2.88	4.38	3.38	2.13	6.38	6.63	3.25	4.38	48.50	
DP	3.00	5.58	2.77	1.55	5.29	5.50	3.01	5.53		

Por fim, na penúltima linha da Tabela 5.60, nota-se que a média da Dúvida para o grupo foi de 48.50, o que significa que, na média, os participantes trocaram as respostas de cada caso de teste cerca de 48 vezes antes de finalizar o exercício.

Assertividade - A

Tabela 5.61: A - Cálculo por Entradas

Participante	EF1	EV1	EV2	A
T02	0.36	1.00	1.00	0.787
T03	0.26	0.95	0.43	0.545
T04	0.44	0.95	0.83	0.737
T05	0.45	1.00	0.78	0.745
T06	0.32	0.86	0.86	0.677
T08	0.58	0.95	0.78	0.770
T09	0.40	0.86	0.67	0.640
T10	0.62	0.90	0.83	0.782
Média	0.43	0.93	0.77	0.710

A Tabela 5.61 apresenta os dados da Assertividade calculados pelo método das entradas, de modo que os três participantes com menor Assertividade são *T03*, *T09* e *T06* com valores de 0.545, 0.640 e 0.677, respectivamente.

Além disso, de acordo com a Tabela 5.61, a entrada com menor média de *A* para o grupo considerado foi *EF1* com 42.77% de assertividade, seguida de *EV2* com 77.12% e por *EV1* com 93.20%, de modo que vai se confirmar a entrada *EV1* como a que houve menor dificuldade, correspondendo ao valor do ângulo em graus. Por fim, a Assertividade média do grupo foi de 71.03%.

Tabela 5.62: A - Cálculo por Casos de Teste

Part.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T02	0.75	0.75	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75	1.00	0.75	1.00
T03	0.80	0.19	1.00	0.75	0.57	0.38	0.75	0.38	0.33	0.75
T04	0.75	0.75	0.67	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
T05	0.50	0.75	1.00	1.00	1.00	0.60	0.67	0.75	1.00	1.00
T06	1.00	0.75	1.00	0.75	0.50	0.75	0.75	0.50	1.00	0.60
T08	1.00	0.75	0.75	1.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00
T09	1.00	0.60	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.40	1.00	1.00
T10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00
Média	0.85	0.69	0.93	0.91	0.77	0.73	0.83	0.72	0.79	0.89

As Tabelas 5.62 e 5.63 apresentam os resultados do cálculo feito através dos casos de teste, onde os casos de teste com menor assertividade são *C15* e *C16* com valores de *A* correspondentes a 41.81% e 48.90%, respectivamente.

É importante notar que ambos estão abaixo de 50%, indicando que a quantidade de tentativas de resposta nesses casos foi mais do que o dobro das respostas corretas, de modo que é possível considerar a possibilidade de que os participantes tiveram mais dificuldade para solucionar estes casos do que os outros.

Tabela 5.63: A - Cálculo por Casos de Teste

Part.	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	A
T02	0.75	0.60	0.60	1.00	0.23	0.30	0.75	0.60	0.727
T03	0.75	0.21	0.50	0.50	0.38	0.20	0.38	0.43	0.513
T04	0.75	0.33	0.50	0.50	0.75	0.60	0.60	1.00	0.706
T05	0.57	1.00	0.50	0.67	0.33	0.33	0.75	0.60	0.723
T06	0.30	0.50	0.60	1.00	0.30	0.30	0.30	1.00	0.661
T08	1.00	0.50	0.75	0.60	0.75	0.43	0.75	0.60	0.790
T09	0.75	0.60	1.00	0.50	0.27	1.00	0.33	0.21	0.737
T10	0.50	1.00	0.43	0.75	0.50	0.75	1.00	0.43	0.839
Média	0.67	0.59	0.61	0.69	0.44	0.49	0.61	0.61	0.712

Com relação aos participantes, os que obtiveram menor nível de assertividade foram *T03* e *T06* com valores correspondendo a 0.513 e 0.661, respectivamente. Além disso, nota-se que *T03* e *T06* também foram identificados dentre os participantes com menor assertividade pelo método

das entradas, corroborando os achado de que estes estão entre os que precisaram de uma maior quantidade de tentativas para concluir o exercício e chegar a resposta correta.

Níveis de Compreensão da Questão (*NCQ*) e do Questionário (*NC*)

Inicialmente, é necessário salientar que, diferente das métricas abordadas anteriormente que auxiliam no entendimento do comportamento do estudante (inclusive o tempo de resposta que será tratado aqui indiretamente), a proposta dos níveis de compreensão está mais próxima de uma abordagem avaliativa que leva integra as outras métricas, uma vez que leva em consideração o tempo de resposta, a assertividade e os índices de dificuldade dos elementos utilizados nas atividades.

Assim, como nas métricas anteriores, apresentaremos os cálculos baseados nos métodos ‘por entradas’ e ‘por casos de teste’, respectivamente. Assim, embora as primeiras tabelas apresentadas estejam vinculadas ao modo ‘por entrada’, é possível analisar o desempenho dos participantes a partir de duas perspectivas: (1) indivíduo e (2) casos de teste. Desse modo, se a avaliação é feita na perspectiva do indivíduo, então, é possível verificar seu desempenho em relação às entradas para cada caso de teste (questão) e para o questionário em si (conjunto de casos de teste). Por outro lado, se a perspectiva escolhida é dos casos de teste, é possível observar quais casos de teste e quais participantes obtiveram menor nível de compreensão para a entrada em evidência.

Assim, as Tabelas 5.64 e 5.65 contém os resultados dos cálculos dos níveis de compreensão das questões e do questionário considerando somente entrada *EF1* (ponteiro físico do objeto tangível), de modo que é possível observar os valores de *NCQ* e *NC* para *EF1* com relação a cada um dos 18 casos de teste.

Tabela 5.64: *NCQ - Entrada EF1*

Part.	NCQ								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
T02	0.492	0.749	0.839	0.724	0.695	0.504	0.750	1.000	0.540
T03	0.561	0.047	1.000	0.673	0.474	0.343	0.750	0.493	0.197
T04	0.820	0.778	0.550	0.250	0.843	0.420	0.750	0.875	0.636
T05	0.112	0.213	0.667	1.000	0.977	0.317	0.578	0.393	0.714
T06	0.945	0.805	0.741	0.741	0.410	0.952	0.750	0.525	1.000
T08	0.745	0.875	0.662	1.000	0.724	0.386	1.000	0.978	0.532
T09	0.805	0.814	0.976	1.000	1.000	0.632	1.000	0.796	1.000
T10	0.545	0.751	0.876	1.000	0.894	0.667	1.000	0.941	0.787
Méd	0.628	0.629	0.789	0.799	0.752	0.528	0.822	0.750	0.676

Ao observar ambas as Tabelas 5.64 e 5.65 sob a perspectiva dos casos de teste, nota-se que os casos com menor média do grupo são *C15*, *C13* e *C17* cujos valores de *NCQ* são 38%, 44.5% e 47.6%, respectivamente.

Além disso, ao observar individualmente cada caso de teste, é possível destacar os participantes com menor nível de compreensão, de modo que no caso *C1* os três participantes com menor *NCQ* são *T05*, *T02* e *T10*, enquanto para o caso *C2* são *T03*, *T05* e *T02*, para o caso *C3* tem-se os

seguintes participantes $T04$, $T08$ e $T05$. Por fim, considerando os três casos de teste mencionados com menor NCQ médio, tem-se no caso $C15$ os participantes $T06$, $T02$ e $T05$, no caso $C13$ os participantes $T10$, $T04$ e $T09$ e, no caso $C17$ os participantes $T06$, $T03$ e $T09$.

Tabela 5.65: NCQ e NC - Entrada $EF1$

Part.	NCQ									NC
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	
T02	0.988	0.541	0.639	0.667	0.900	0.170	0.213	0.668	0.466	0.619
T03	0.875	1.000	0.669	0.618	0.345	0.358	0.269	0.304	0.358	0.498
T04	0.875	0.496	0.398	0.250	0.628	0.653	0.743	0.512	0.946	0.615
T05	0.984	0.129	0.836	0.424	0.265	0.193	0.181	0.446	0.295	0.470
T06	0.750	0.135	0.256	0.333	0.947	0.122	0.219	0.107	1.000	0.575
T08	0.971	0.899	0.454	0.875	0.539	0.659	1.000	0.918	0.500	0.745
T09	1.000	0.638	0.714	0.250	0.511	0.410	1.000	0.332	0.117	0.698
T10	0.901	0.316	0.923	0.142	0.520	0.473	0.973	0.521	0.518	0.694
Méd	0.918	0.519	0.611	0.445	0.582	0.380	0.575	0.476	0.525	0.614

Ao analisar as tabelas sob a perspectiva do participante, pode-se notar que os três participantes com menor NC são $T05$, $T03$ e $T06$, respectivamente, cujos valores do nível de compreensão do questionário são 47.04%, 49.80% e 57.47%.

Ademais, observa-se que os participantes $T05$ e $T03$ estão com o nível de compreensão abaixo de 50% em 11 dos 18 casos de teste e em 10 dos 18 casos correspondendo a respectivamente 61.11% e 55.56% do total de casos. Assim, $T05$ está abaixo de 50% nos seguintes casos $C1$, $C2$, $C6$, $C8$, $C11$ e $C13$ a $C18$, e $T03$ nos seguintes casos $C2$, $C5$, $C6$, $C8$, $C9$ e $C14$ a $C18$, de modo que juntos os dois participantes tiveram desempenho similar em 44.44% dos casos de teste, perfazendo um total de 8 casos.

Tabela 5.66: NCQ e NC - Entrada $EV1$

Part.	NCQ								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
T02	0.421	0.364	0.769	1.000	0.615	0.851	0.769	0.800	0.800
T03	0.385	0.700	0.606	0.896	0.381	0.548	0.968	1.000	1.000
T04	0.288	0.851	0.870	1.000	0.930	1.000	0.250	1.000	0.851
T05	0.548	0.615	0.541	0.659	0.440	0.615	0.896	0.870	0.325
T06	0.354	0.833	0.909	0.984	0.930	0.889	0.984	0.889	0.833
T08	0.494	0.571	0.690	0.952	0.440	1.000	0.984	0.482	1.000
T09	0.800	0.755	0.851	1.000	0.816	0.816	1.000	0.317	0.870
T10	0.755	0.656	0.690	0.896	0.571	0.189	0.938	0.909	0.615
Méd	0.505	0.668	0.741	0.923	0.640	0.739	0.848	0.783	0.787

As Tabelas 5.66 e 5.67 apresentam os resultados dos cálculos a partir da entrada $EV1$, que corresponde ao valor do ângulo em graus. Tomando por base as mesmas perspectivas propostas para a análise das Tabelas 5.64 e 5.65, temos que os casos de teste com menor NCQ são $C13$, $C1$ e $C16$, respectivamente, onde os valores correspondentes são 41.3%, 50.5% e 53.9%.

Assim, considerando estes mesmos casos de teste, os três participantes com menor NCQ para o caso $C13$ são $T10$, $T05$ e $T09$, para o caso $C1$ são $T04$, $T06$ e $T03$ e, por fim, para o caso $C16$ são $T10$, $T09$ e $T04$.

Tabela 5.67: NCQ e NC - Entrada EV1

Part.	NCQ									NC
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	
T02	0.909	0.851	1.000	0.354	1.000	0.541	0.755	0.909	1.000	0.762
T03	1.000	0.250	1.000	0.769	0.870	0.833	0.667	0.784	0.811	0.746
T04	0.976	1.000	0.800	0.580	0.577	0.833	0.488	1.000	1.000	0.792
T05	0.930	0.580	0.541	0.248	0.341	0.417	0.513	0.294	0.923	0.572
T06	0.431	0.909	0.769	0.290	0.750	0.533	0.526	0.111	0.923	0.708
T08	1.000	0.889	0.870	0.635	0.822	0.976	0.930	0.328	0.938	0.775
T09	0.930	0.816	0.142	0.263	0.492	0.444	0.261	0.563	0.723	0.654
T10	0.816	0.200	0.472	0.163	0.984	0.162	0.176	0.440	0.375	0.553
Méd	0.874	0.687	0.699	0.413	0.729	0.592	0.539	0.554	0.837	0.695

Ao observar a Tabela 5.67, nota-se que os participantes com menor NC são $T10$, $T05$ e $T09$ cujos valores são 55.3%, 57.2% e 65.4%, respectivamente. Além disso, estes mesmos participantes obtiveram simultaneamente NCQ abaixo de 50% para os casos $C13$ e $C15$, sendo que a maior quantidade de casos simultâneos com NCQ abaixo de 50% ocorre com $T09$ e $T10$ correspondendo a quatro casos de teste ($C12$, $C13$, $C15$ e $C16$).

Tabela 5.68: NCQ e NC - Entrada EV2

Part.	NCQ									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T02	0.969	0.974	1.000	1.000	1.000	1.000	0.940	0.976	1.000	0.989
T03	0.960	0.986	0.991	0.997	0.995	0.604	0.997	1.000	0.250	1.000
T04	0.917	1.000	0.845	1.000	0.250	0.250	1.000	1.000	0.250	0.997
T05	0.449	1.000	1.000	0.966	1.000	0.853	0.981	0.968	0.250	0.997
T06	0.955	1.000	1.000	1.000	0.250	0.625	0.997	0.994	0.250	0.989
T08	0.986	1.000	1.000	1.000	0.488	0.250	0.989	0.976	0.250	0.986
T09	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.875	0.978	0.479	0.250	0.965
T10	1.000	1.000	1.000	0.976	1.000	0.924	0.986	0.986	0.000	0.978
Méd	0.904	0.932	0.980	0.992	0.748	0.673	0.984	0.922	0.313	0.988

As Tabelas 5.68 e 5.69 apresentam os valores de nível de compreensão da questão e do questionário para a entrada virtual 2, onde é possível identificar que somente os participantes $T02$, $T05$ e $T10$ possuem valores de NC acima da média do grupo, uma vez que obtiveram 0.984, 0.847 e 0.852, respectivamente.

Além disso, nota-se que os menores valores de NCQ correspondem aos casos $C9$, $C16$ e $C17$, cuja média do nível de compreensão da questão foi igual a 0.313, 0.504 e 0.568. Por outro lado, os três casos de teste com melhor nível são $C4$, $C10$ e $C7$, que correspondem a 99.2%, 98.8% e 98.4%, respectivamente.

5.2.5.3 Exercício 3 - Seno

Neste exercício, cuja interface física A03 está disponível na Seção C.5.3 e cujos parâmetros são apresentados no Apêndice F, primeiramente, o estudante deve manipular o ponteiro físico para identificar quais afirmações são verdadeiras (casos de teste ‘Observar ponteiro’ e ‘Observar seno’) e, em seguida, identificar o valor do ângulo ‘x’ que corresponde ao valor de seno apresentado no caso de teste (Figura 5.16).

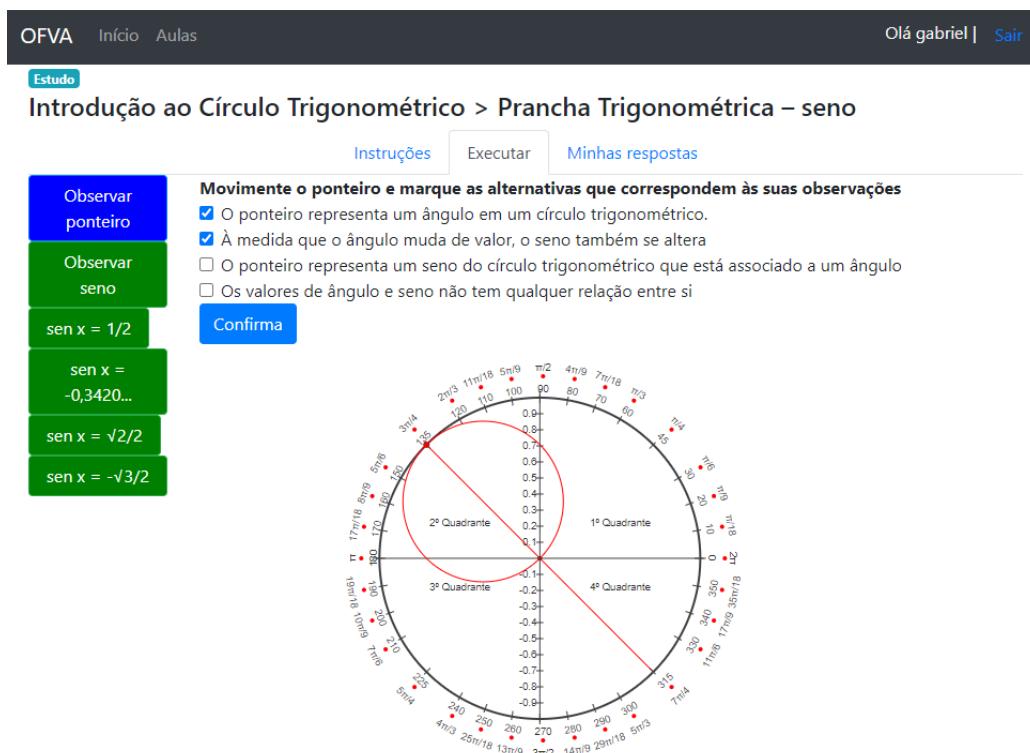


Figura 5.16: Exercício 3 - Seno

Além disso, é importante notar que este exercício implementa um objeto tangível com a terceira questão do exercício de fixação tradicional apresentado na Seção C.4.

Nota Tradicional - NT

Conforme explicado anteriormente, o modo utilizado para a coleta de dados (‘modo estudo’) proporciona um caminho de construção do ciclo trigonométrico, de forma que é esperada a execução e a finalização da atividade a partir de orientações que o estudante recebe automaticamente da plataforma. No caso da nota tradicional, tanto o ‘modo estudo’ quanto o ‘modo avaliação’ utilizam as últimas respostas dadas pelo estudante, consequentemente, não havendo diferença entre os resultados obtidos para as duas formas de cálculo e, além disso, quando a Nota Tradicional corresponde a 10.00 é porque a atividade foi finalizada.

Assim, pode-se notar que somente os participantes T03, T08 e T09 finalizaram toda a atividades, enquanto o participante T02 não finalizou o caso de teste C1, T04, T05, T06 e T10 não finalizaram o caso C2. De modo que, inicialmente, é possível considerar que o C2 foi a questão em que os

Tabela 5.72: *NT* - Nota Tradicional

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	NT
T02	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.667
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.333
T05	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.333
T06	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.333
T08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T09	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T10	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.333
NT Casos	8.75	3.75	10.00	10.00	10.00	10.00	8.750

participantes tiveram maior dificuldade. Salienta-se que o caso de teste *C2* prevê a observação da reta dos senos de modo que algumas características possam ser percebidas e enunciadas pelos estudantes.

Com esta métrica mais tradicional, as possibilidades de acompanhamento são mais limitadas, uma vez que a nota tradicional é calculada com base na última resposta enviada pelo participante.

Nota Ponderada - *NP*

Com relação à Nota Ponderada, a Tabela 5.73 apresenta os dados calculados utilizando o ‘modo estudo’, enquanto a Tabela 5.74 faz um adendo a esta análise através do cálculo utilizado para o ‘modo avaliação’.

É importante ressaltar que o modo ‘estudo’ utiliza a média dos pesos obtidos por cada resposta enviada pelo participante de modo que o resultado final do cálculo tende a refletir (na média) o caminho do estudante. Assim, quanto maior a nota ponderada, as diversas respostas submetidas pelo participantes estão mais próximas da resposta correta. Ademais, o cálculo utilizado pelo modo ‘avaliação’, assim como a Nota Tradicional, leva em consideração somente a última resposta enviada.

Observando-se a Tabela 5.73, nota-se que os participantes *T04* e *T06* obtiveram os menores valores, respectivamente, 4.699 e 4.369, entretanto, somente dois participantes (*T08* e *T09*) obtiveram *NP* acima de 70%, indicando uma possível dificuldade do grupo em realizar a atividade.

Além disso, os casos de teste com menor desempenho do grupo foram *C2* e *C1*, respectivamente, onde os valores obtidos foram 4.61 e 5.50. Além disso, tais casos de teste correspondem a questões relacionadas a observação da relação dos ângulos com o seno, de modo que esse é um indicativo inicial de que esses casos são mais difíceis do que os demais e que, por isso, os participantes tiveram maior dificuldade.

É importante ressaltar que, diferentemente dos Exercícios 1 e 2, neste exercício as métricas não foram calculadas considerando as entradas, uma vez que para os casos de teste *C3* a *C5* há somente a entrada física *EF1*. Ademais, para os casos de teste *C1* e *C2* pode haver mais de uma entrada

Tabela 5.73: *NP* - Nota Ponderada - Estudo

Participante	Casos de Teste						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	NP
T02	0.00	2.64	10.00	10.00	10.00	2.00	5.773
T03	5.83	8.75	2.92	4.50	2.50	6.25	5.125
T04	5.00	6.25	1.67	2.50	2.78	10.00	4.699
T05	8.75	3.82	3.33	10.00	2.92	7.50	6.053
T06	1.11	4.32	10.00	1.94	5.63	3.21	4.369
T08	10.00	6.88	10.00	2.92	10.00	7.50	7.882
T09	10.00	4.21	10.00	5.00	10.00	3.86	7.179
T10	3.33	0.00	5.00	7.50	10.00	10.00	5.972
NP Casos	5.50	4.61	6.61	5.55	6.73	6.29	5.881

virtual correta, de modo que a correção do caso de teste considerando os pesos apresentados no modelo proposto obedece a lógica definida nas tabelas do Apêndice K.

Tabela 5.74: *NP* - Nota Ponderada - Avaliação

Participante	Casos de Teste						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média
T02	0.00	7.50	10.00	10.00	10.00	10.00	7.917
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	10.00	5.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.167
T05	10.00	2.50	10.00	10.00	10.00	10.00	8.750
T06	10.00	7.50	10.00	10.00	10.00	10.00	9.583
T08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T09	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T10	10.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.333
Média	8.75	6.56	10.00	10.00	10.00	10.00	9.219

Ao observar os valores da Tabela 5.74, nota-se que os participantes *T02* e *T10* realmente responderam incorretamente os casos de teste *C1* e *C2*, respectivamente, uma vez que *NP* é igual a zero para ambos. Com relação a *C2*, nota-se que, embora a Nota Tradicional indique que os participantes *T02* e *T06* erraram totalmente a questão, a resposta dada por eles foi muito próxima ao correto, uma vez que a *NP* de ambos é 7.50.

Prioridade - *P*

Com relação à prioridade, de acordo com a Tabela 5.75, os participantes *T03*, *T08* e *T09* apresentaram resultados iguais a zero, uma vez que, de acordo com a Equação 4.5, esta métrica depende de os valores de *NT* e *NP* serem diferentes de 10 e de 0, respectivamente.

Ressalta-se o participante *T10* que, apesar de ter tido prioridade igual a zero para todos os casos de teste individualmente, obteve a terceira maior prioridade do grupo. Isso aconteceu por influência das notas tradicional e ponderada que ele obteve para o exercício, uma vez que a prioridade geral do participante é calculada com base nos valores das métricas para o exercício.

Tabela 5.75: *P* - Prioridade

Participante	Casos de Teste						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P
T02	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	0.00	1.924
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T04	0.00	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.783
T05	0.00	3.82	0.00	0.00	0.00	0.00	1.009
T06	0.00	4.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.728
T08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
T10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.995
P Casos	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.680

Considerando o exercício como um todo, o participante com maior prioridade de acompanhamento é *T02*, cujo valor obtido foi de 1.924, seguido por *T05* com prioridade igual a 1.009.

Além disso, também foi possível calcular a prioridade para os participantes *T02*, *T04*, *T05* e *T06* para o caso *C2*, devido aos valores de *NT* e *NP* obtidos neste caso de teste. Ainda ao observar o mesmo caso de teste, nota-se que o participante com maior prioridade é *T04*, seguido por *T06* e *T05*, de modo que esta ordem pode indicar participantes com necessidade de um acompanhamento mais próximo por parte do professor.

Dúvida - *D*

A Tabela 5.76 apresenta os valores de Dúvida dos participantes, onde os três que obtiveram maior valor foram *T02*, *T06* e *T09* cujos valores absolutos são 38, 35 e 29, respectivamente. Além destes, os participantes *T04* e *T05*, cujos valores são 24 e 27, também obtiveram uma dúvida absoluta maior do que a média do grupo 22.63.

Tabela 5.76: *D* - Dúvida

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Total	Média	DP
T02	-1	35	0	0	0	4	38	6.33	14.15
T03	2	1	5	4	3	1	16	2.67	1.63
T04	1	3	5	7	8	0	24	4.00	3.22
T05	1	15	5	0	5	1	27	4.50	5.58
T06	8	10	0	8	3	6	35	5.83	3.71
T08	0	3	0	5	0	1	9	1.50	2.07
T09	0	18	0	1	0	10	29	4.83	7.55
T10	2	-1	1	1	0	0	3	0.50	1.05
Dúvida Caso	1.63	10.50	2.00	3.25	2.38	2.88	22.63		
Desvio-Padrão	2.77	12.02	2.51	3.20	2.97	3.56			

Embora o valor calculado como ‘Dúvida Média’ siga o mesmo padrão/proporção do absoluto da Dúvida, ele pode auxiliar em uma percepção com relação ao todo do exercício, considerando a existência de diversos casos de teste. Além disso, quando associado ao desvio-padrão, pode-se inferir se a distribuição da dúvida nos casos de teste foi homogênea ou não. Assim, ao observar que

o desvio-padrão do participante *T02* é muito elevado, é possível verificar que, embora a Dúvida e a Média da Dúvida de *T02* sejam os mais elevados do grupo, esse valor foi impulsionado tão somente por um único caso de teste (*C2*), enquanto os valores dos casos de teste restantes são mais baixos.

Outro exemplo a ser destacado é o participante *T06*, cuja média foi de 5.83 e desvio-padrão de 3.71. Embora sua média seja a mais próxima de *T02*, seu desvio padrão está muito abaixo, indicando que a distribuição da Dúvida deste participante é mais homogênea e, logo, alterou mais consistentemente uma maior quantidade de casos de teste.

Com relação aos casos de teste, os três casos com menor dúvida foram *C1*, *C3* e *C5*, tendo uma média de 1.63, 2.00 e 2.38. Destes casos, *C3* tem o menor desvio-padrão, de modo que é o caso com a distribuição de valores mais homogênea, seguido por *C1* e *C5*, respectivamente.

É importante destacar que o caso *C2* obteve dúvida de 10.50 com um desvio-padrão 12.02, sendo ambos os maiores valores entre os casos utilizados no exercício. Esse elevado desvio-padrão é resultado do fato de que a média foi impulsionada para cima somente pelo participante *T02*, cuja dúvida foi igual a 35. Por fim, os participantes *T02* e *T10* obtiveram o valor –1 nos casos *C1* e *C2*, respectivamente, indicando que ambos não responderam a esses casos de teste.

Assertividade - A

Os valores de Assertividade são mostrados na Tabela 5.77, de modo que é possível notar que os três participantes com menor percentual são *T03*, *T06* e *T04*, possuindo assertividade abaixo de 35%. Somado a estes, *T05* foi um dos quatro participantes com *A* abaixo da média do grupo para o exercício (46%).

Ademais, pode-se notar que todos os participantes com maior assertividade são *T08* e *T09*, cujos percentuais são de 65% e 62%, respectivamente.

Tabela 5.77: *A* - Assertividade

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	A
T02	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.53
T03	0.33	0.50	0.17	0.20	0.25	0.50	0.33
T04	0.50	0.00	0.17	0.13	0.11	1.00	0.32
T05	0.50	0.00	0.17	1.00	0.17	0.50	0.39
T06	0.11	0.00	1.00	0.11	0.50	0.14	0.31
T08	1.00	0.25	1.00	0.17	1.00	0.50	0.65
T09	1.00	0.05	1.00	0.50	1.00	0.18	0.62
T10	0.33	0.00	0.50	0.50	1.00	1.00	0.56
A Casos	0.47	0.10	0.63	0.45	0.63	0.50	0.46

Com relação aos casos de teste, nota-se que o caso *C2* possui o menor valor médio (10%), correspondendo a um dos casos em que foi pedido aos participantes para manipularem o ponteiro físico à vontade de modo a observarem e indicarem a relação entre os valores dos ângulos e dos senos.

O caso de teste com maior média de assertividade foram *C3* e *C5* cujos valores de *A* correspondem a 63%. Além disso, os participantes *b02*, *T08*, *T09* e *T10* obtiveram assertividade de 100% neste caso.

Níveis de Compreensão da Questão (*NCQ*) e do Questionário (*NC*)

A Tabela 5.78 apresenta os valores de *NCQ* e *NC* para o Exercício 3, onde é possível notar que os participantes com menor desempenho da atividade são *T02* e *T06*, cujos percentuais de Nível de Compreensão são 35% e 34%, respectivamente. Além disso, para ambos, o caso de teste com menor nível de compreensão da questão foi *C1*.

É interessante salientar que três participantes (*T08*, *T09* e *T10*) obtiveram níveis de compreensão acima de 50%. Além disso, o participante *T08* obteve maior valor de *NC*, sendo 69%.

Ao observar o participante *T08* (maior nível de compreensão do questionário), pode-se notar que teve mais dificuldade no caso de teste *C4*, cujo *NCQ* é 13%. Além disso, é interessante notar que, embora a Tabela 5.72 indique que o participante finalizou o caso de teste (*NT* igual a 10.00), a Tabela 5.76 indica uma dúvida absoluta igual a 5, isto é, o participante respondeu o caso de teste 6 vezes e a Tabela 5.73 atribui uma nota ponderada igual a 2.92 para este participante neste caso de teste (sendo a menor nota do participante no exercício). Isso pode dar indícios de que o participante foi evoluindo ao longo da atividade até a sua finalização.

Tabela 5.78: *NCQ* e *NC*

Participante	NCQ						<i>NC</i>
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
T02	0.00	0.24	0.53	0.45	0.83	0.18	0.35
T03	0.58	0.88	0.19	0.33	0.24	0.63	0.43
T04	0.50	0.63	0.09	0.12	0.24	0.94	0.38
T05	0.77	0.37	0.16	0.58	0.22	0.71	0.43
T06	0.10	0.43	0.80	0.11	0.52	0.31	0.34
T08	0.95	0.69	0.85	0.13	0.99	0.75	0.69
T09	0.98	0.41	0.99	0.30	0.98	0.34	0.63
T10	0.33	0.00	0.50	0.72	0.97	1.00	0.55
Média	0.53	0.45	0.51	0.34	0.62	0.61	0.47

Além disso, os casos de teste com menor nível de compreensão foram *C4* e *C2*, cujos percentuais são de 34% e 45% respectivamente, de modo que estes são os únicos casos de teste com valor abaixo de 50% e da média do grupo (47%).

5.2.5.4 Exercício 4 - Cosseno

Conforme pode ser observado na Figura 5.17, este exercício implementa a quarta questão da Atividade 2 (Seção C.4), de modo que é abordado o conteúdo relacionado ao cosseno, onde os estudantes devem fazer observações a partir da manipulação do ponteiro físico para selecionar as afirmações corretas.

A interface física utilizada nesta instância do objeto tangível é a A04 e sua imagem está disponível na Seção C.5.4, onde é possível observar o círculo trigonométrico parcialmente construído, contendo os quadrantes, todos os ângulos em graus e radianos, além do eixo dos cossenos, que é o objetivo da atividade.

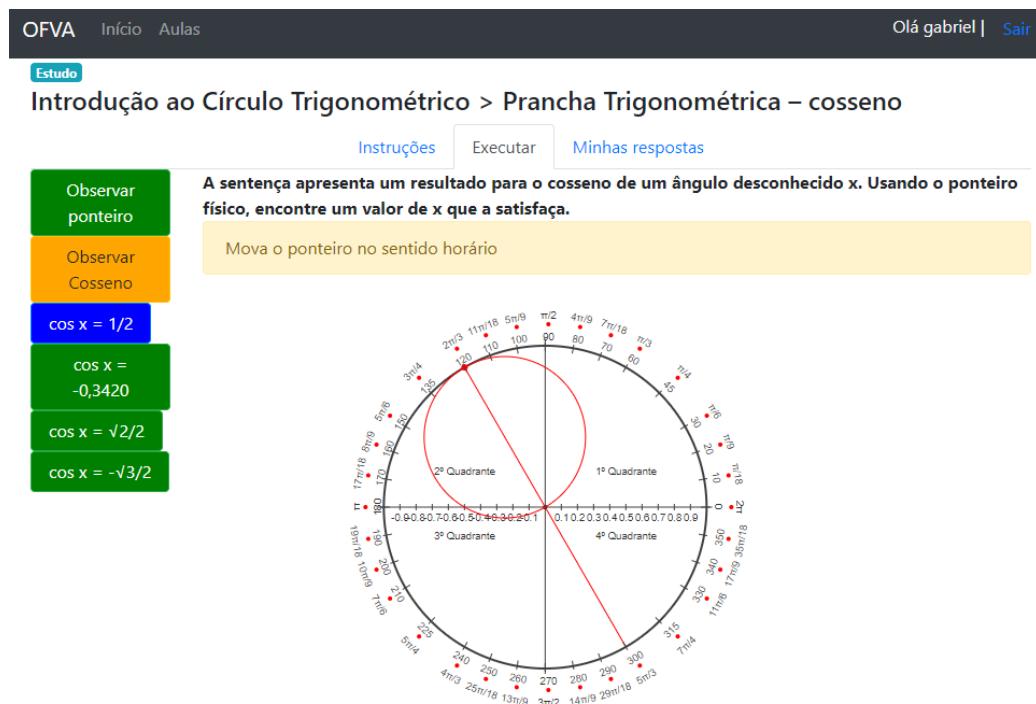


Figura 5.17: Exercício 4 - Cosseno

O formulário que descreve os elementos (aspectos educacionais, dispositivos, recursos, serviços, entradas/saídas e casos de teste) desta implementação do objeto tangível estão no Apêndice G e a descrição dos elementos para os analíticos de aprendizagem para cada caso de teste estão no Apêndice L.

Nota Tradicional - NT

A Tabela 5.79 apresenta as notas tradicionais relativas ao Exercício 4, onde é possível notar a ausência dos participantes T02, T06 e T10 que não iniciaram o exercício devido ao esgotamento do tempo de experimento.

Tabela 5.79: NT - Nota Tradicional

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	NT
T03	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	10.00	6.667
T04	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	10.00	6.667
T05	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	8.333
T08	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	10.00	6.667
T09	10.00	0.00	10.00	0.00	0.00	10.00	5.000
NT Casos	10.00	2.00	10.00	0.00	8.00	10.00	6.667

Com relação aos demais participantes, observou-se que a menor média de nota tradicional foi 5.00 do participante *T09*, uma vez que tal indivíduo não finalizou os casos de teste *C2*, *C4* e *C5*, enquanto o restante do grupo não finalizou os casos *C2* e *C4*. Ainda neste sentido, sobressai-se o participante *T05* que não finalizou somente o caso *C4* e obteve maior média de *NT*, cujo valor foi de 8.333.

O caso *C2* é similar ao *C1*, onde ambos exigem que o participante manipule o ponteiro físico para inferir relações entre os valores de ângulo, quadrantes e cossenos, de modo que a explicação mais plausível sobre a dificuldade em responder *C2* é que o índice de dificuldade deste caso (IDQ igual a 5) é superior ao de *C1* (IDQ igual a 3).

O caso *C4* corresponde a uma questão que aborda cosseno negativo, assim com o caso *C6*, de modo que não é possível inferir qualquer informação sobre isso, inclusive porque *C4* aborda um valor de cosseno em número inteiro, enquanto *C6* utiliza notação com radiciação, onde o IDQ de *C4* é igual a 1 e o de *C6* é igual a 3.

De todo modo, excluindo-se as semelhanças entre os conteúdos abordados nos casos e observando somente os valores de média de *NT* para cada caso, nota-se que os casos *C2* e *C4* são os casos que os participantes tiveram maior dificuldade, embora, nesse momento, não seja possível encontrar as causas exatas para tal fato. Além disso, de acordo com a Tabela 5.79, a média de *NT* do grupo é 6.667, de modo que somente *T09* ficou abaixo desse valor.

Nota Ponderada - *NP*

Na Tabela 5.80 pode-se verificar que os participantes com menor média de nota ponderada são *T04* e *T09*, cujas notas são 5.848 e 5.253 e, portanto, abaixo da média de *NP* do grupo, cujo valor é 6.206. Além disso, *T04* teve desempenho abaixo da média do grupo nos casos *C1* (6.25), *C3* (5.00), *C4* (1.25) e *C6* (6.67), enquanto *T09* obteve o mesmo desempenho nos casos *C2* (0.00), *C3* (3.33) e *C6* (5.68).

Por outro lado, o participante com melhor média de nota ponderada foi *T05* com valor igual a 7.153. Além disso, nota-se que este participante obteve pontuação igual a zero para o caso *C4*, sendo o único valor abaixo da média dos casos de teste obtido por este indivíduo.

Tabela 5.80: *NP* - Nota Ponderada - Modo Estudo

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	NP
T03	10.00	4.13	7.50	4.17	4.00	6.43	6.038
T04	6.25	5.92	5.00	1.25	10.00	6.67	5.848
T05	10.00	7.50	6.67	0.00	10.00	8.75	7.153
T08	10.00	2.81	10.00	1.56	10.00	6.07	6.741
T09	10.00	0.00	3.33	5.00	7.50	5.68	5.253
NP Casos	9.25	4.07	6.50	2.40	8.30	6.72	6.206

Com relação aos casos de teste, *C4* foi o caso com menor média de *NP* sendo igual a 2.40, seguido por *C2* com 4.07 e por *C3* com 6.50. Vale ressaltar que, tendo a nota tradicional apontado *C2* e *C4* como os mais problemáticos para os participantes, observar a nota ponderada no modo estudo

permite posicionar $C4$ como o caso de teste que trouxe mais dificuldade do que $C2$, ao comparar os valores de ambos os casos.

Tabela 5.81: NP - Modo Avaliação

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	NP
T03	10.00	5.00	10.00	0.00	10.00	10.00	7.500
T04	10.00	7.50	10.00	0.00	10.00	10.00	7.917
T05	10.00	10.00	10.00	0.00	10.00	10.00	8.333
T08	10.00	2.50	10.00	0.00	10.00	10.00	7.083
T09	10.00	0.00	10.00	0.00	5.00	10.00	5.833
NP Casos	10.00	5.00	10.00	0.00	9.00	10.00	7.333

A fim de complementar a exploração do desempenho dos participantes, a Tabela 5.81 exibe os dados relativos ao modo ‘avaliação’ que, no contexto deste trabalho, é apresentado como uma alternativa a nota tradicional para avaliação da aprendizagem considerando um percurso sem *feedback* automático com relação às respostas, isto é, sem levar em consideração o histórico de construção da aprendizagem (acertos e erros), mas, somente se o estudante concluiu ou não o exercício.

Desse modo, valores de NP iguais a 10.00 indicam que o participante concluiu o percurso com êxito (assim como na NT), enquanto valores menores do que 10.00 indicam o quão perto da resposta correta o participante estava quando interrompeu o exercício. Além disso, é interessante notar que, no modo avaliação, todos os participantes obtiveram NP igual a zero para $C4$.

Prioridade - P

A Tabela 5.82 exibe os valores de Prioridade para os casos de teste e participantes do Exercício 4. Inicialmente, pode-se ressaltar que P é igual a zero para os casos $C1$, $C3$, $C5$ (com exceção de $T09$) e $C6$ para todos os participantes se deve ao fato de que a NT foi igual a 10 em todas essas circunstâncias.

Tabela 5.82: P - Prioridade

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	P
T03	0.00	4.13	0.00	4.17	0.00	0.00	2.01
T04	0.00	5.92	0.00	1.25	0.00	0.00	1.95
T05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19
T08	0.00	2.81	0.00	1.56	0.00	0.00	2.25
T09	0.00	0.00	0.00	5.00	7.50	0.00	2.63
P Casos	0.00	2.57	0.00	2.40	1.50	0.00	2.005
Desvio-Padrão	0.00	2.59	0.00	2.10	3.35	0.00	

Assim, de acordo com a Tabela 5.82, considerando o todo do exercício, o participante com maior prioridade foi $T09$, seguido por $T08$ e, de modo contrário, $T05$ foi o participante com menor prioridade para o grupo estudado. Por fim, a prioridade média obtida pelo grupo foi de 2.005.

Apesar de a média da prioridade de $C2$ (2.57) ser ligeiramente maior do que a de $C4$ (2.40), o desvio-padrão de $C4$ é menor do que de $C2$, o que indica que esta segunda amostra é mais homogênea, de modo que possível sugerir que $C4$ pode ser mais interessante de ser revisado pelo grupo do que $C2$, corroborando os achados de NP nos modos estudo e avaliação. De fato, o único participante cuja prioridade é diferente de zero em $C4$ é $T05$, que também obteve o valor zero para NP , enquanto $C2$ contém dois participantes com P igual a zero, onde $T05$ obteve NT igual a dez e $T09$ obteve NP igual a zero, impossibilitando o cálculo da prioridade.

Dúvida - D

A Tabela 5.83 apresenta os dados relacionados à Dúvida dos casos de teste para os participantes $T03$, $T04$, $T05$, $T08$ e $T09$, onde o caso com maior média de dúvida foi $C2$ com valor igual a 12.60. Apesar do desvio-padrão ter sido o mais elevado entre os casos, isso aconteceu devido ao participante $T09$ não ter respondido a questão (-1), enquanto o restante dos participantes obteve valores superiores à média do grupo com exceção de $T05$ cujo valor de Dúvida foi 9.

Tabela 5.83: D - Dúvida

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Total	Média	DP
T03	0	22	1	11	4	6	44	7.33	8.19
T04	3	18	1	5	0	2	29	4.83	6.68
T05	0	9	2	1	0	1	13	2.17	3.43
T08	0	15	0	7	0	6	28	4.67	5.99
T09	1	-1	2	2	1	10	15	2.50	3.83
Dúvida Caso	0.80	12.60	1.20	5.20	1.00	5.00	25.80		
Desvio-Padrão	1.30	8.96	0.84	4.02	1.73	3.61			

É interessante notar que os casos de teste com menor valor médio são $C1$ e $C5$ cujos valores são 0.80 e 1.00, respectivamente. Além destes casos, pode-se citar também $C3$, cuja média é de 1.20, como o caso com menor desvio-padrão (0.84). Estes três casos tem em comum os menores valores de média e desvio-padrão entre os casos analisados.

Com relação aos participantes, pode-se observar que o participante $T03$ obteve maior valor total de dúvida (44), seguido por $T04$ e $T05$ cujos valores obtidos são 29 e 28, respectivamente. Além disso, nota-se que o restante dos participantes do grupo obtiveram valores totais de dúvida abaixo da média do grupo (25.80).

Por fim, com relação a homogeneidade da distribuição dos valores de dúvida dos casos de teste, nota-se que os participantes com maior média de dúvida são também os com maior desvio-padrão, de modo que é possível observar que a média de $T03$ (7.33) foi influenciada pelos casos de teste $C2$ e $C4$, cujos valores de dúvida são iguais a 22 e 11, respectivamente.

Nível de Assertividade - A

Com relação a Assertividade, a Tabela 5.84 apresenta os valores obtidos pelos participantes, de modo que todos obtiveram percentuais de A abaixo de 50%, onde o menor valor foi do participante

T03, correspondendo a 35% de assertividade, seguido por *T04* e *T09*, com 36% e 38%, respectivamente.

Tabela 5.84: A - Assertividade

Participante	C1	C2	C3	C4	C5	C6	A
T03	1.00	0.00	0.50	0.25	0.20	0.14	0.35
T04	0.25	0.11	0.50	0.00	1.00	0.33	0.36
T05	1.00	0.20	0.67	0.00	1.00	0.50	0.56
T08	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.14	0.52
T09	1.00	0.00	0.33	0.33	0.50	0.09	0.38
Média	0.85	0.06	0.60	0.12	0.74	0.24	0.43

O caso de teste com menor valor de *A* foi *C2* cujo valor é 6%, seguido por *C2* e *C6* com valores de 12% e 24%. Além do que, os casos de teste com maior média de assertividade foram *C1* cujo valor de *A* foi 85%, seguido por *C5* com 74%. Por fim, a média da assertividade do grupo no exercício foi aproximadamente 43%.

Níveis de Compreensão da Questão (*NCQ*) e do Questionário (*NC*)

A Tabela 5.85 apresenta os valores de *NCQ* e *NC* para o grupo estudado neste exercício, de modo que os únicos participantes a alcançar um nível de compreensão do questionário (*NC*) acima de 50% e da média do grupo (51%) foram *T05* e *T08*, que obtiveram *NC* igual a 62.8% e 51.2%, respectivamente.

Tabela 5.85: *NCQ* e *NC*

Participante	NCQ						NC
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
T03	1.000	0.393	0.644	0.263	0.367	0.621	0.494
T04	0.625	0.559	0.339	0.074	0.970	0.665	0.487
T05	0.999	0.736	0.524	0.000	0.969	0.813	0.628
T08	0.992	0.271	0.882	0.059	0.630	0.480	0.512
T09	1.000	0.000	0.299	0.375	0.733	0.428	0.428
Média	0.923	0.392	0.538	0.154	0.734	0.601	0.510

Por fim, o caso de teste *C4* obteve uma média de *NCQ* igual a 15.4%, sendo o menor valor dentre os casos de teste utilizados, seguido por *C2* com *NCQ* igual a 39.2%, de modo que este achado corrobora a interpretação de que os participantes tiveram mais dificuldades com *C4* do que com *C2*, especialmente considerando que *C2* possui naturalmente um índice de dificuldade maior do que *C4*.

5.2.5.5 Exercício 5 - Tangente

Assim como os exercícios 3 e 4, este exercício adapta uma questão relacionada a um aspecto do círculo trigonométrico, neste caso, a reta das tangentes, conforme pode ser visto na Figura 5.18. A

interface física A05 está disponível na Seção C.5.5 e os parâmetros da instância estão definidos no Apêndice H. Entretanto, diferentemente dos exercícios anteriores, este exercício não encontra um correspondente na atividade de fixação tradicional, de modo que seu conteúdo não foi abordado no pós-teste de ambos os grupos A e B.

Estudo

Introdução ao Círculo Trigonométrico > Prancha Trigonométrica – tangente

Instruções Executar Minhas respostas

Observar ponteiro
Observar tangente
 $\tan x = 1$
 $\tan x = -0,1763\dots$

Movimento o ponteiro e marque as alternativas que correspondem às suas observações.
Alguma das respostas precisa ser revisada!

A reta das tangentes é perpendicular ao eixo y
 A reta das tangentes é paralela ao eixo y
 Há ângulos que não possuem tangente
 Assim como seno e cosseno, a tangente está limitada ao tamanho do círculo
 Diferente do seno e cosseno, a tangente é uma função crescente, ou seja, não há intervalos de decrescimento

Confirma

Figura 5.18: Exercício 5 - Tangente

Nota Tradicional - NT

A Tabela 5.86 apresenta as notas tradicionais relativas ao Exercício 5, onde é possível notar que o caso de teste com menor média de *NT* é *C1*, com média do *NT* igual a 4.00 para o grupo estudado. Por outro lado, o caso *C4* atingiu o valor máximo.

Com relação aos participantes, considerando o conjunto de casos de teste, *T09* obteve a menor média tradicional (5.00), tendo sido o único participante com *NT* abaixo da média do grupo, inclusive por ter sido o que finalizou o menor número de casos de teste.

Por fim, é possível observar que os participantes *T04*, *T08* e *T09* não concluíram a atividade, uma vez que seus valores de nota tradicional são iguais a zero.

Nota Ponderada - NP

Tabela 5.86: *NT* - Nota Tradicional

Participante	C1	C2	C3	C4	NT
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
T04	0.00	10.00	10.00	10.00	7.50
T05	10.00	10.00	0.00	10.00	7.50
T08	0.00	10.00	10.00	10.00	7.50
T09	0.00	0.00	10.00	10.00	5.00
NT Casos	4.00	8.00	8.00	10.00	7.50

Na Tabela 5.87 pode-se verificar os valores de nota ponderada considerando o modo estudo, onde os casos *C1* e *C2* correspondem aos menores valores de média de *NP* dentre os casos, correspondendo a 3.69 e 3.99, respectivamente. O mesmo fenômeno pode ser observado na Tabela 5.87, que exibe os valores calculados considerando o modo avaliação, com relação ao caso *C1*, cujo valor é de 6.00.

Tabela 5.87: *NP* - Nota Ponderada - Modo Estudo

Participante	C1	C2	C3	C4	NP
T03	10.00	5.28	3.44	5.00	5.929
T04	1.49	3.52	10.00	5.42	5.107
T05	2.20	3.75	5.00	10.00	5.238
T08	1.99	5.31	10.00	10.00	6.826
T09	2.76	2.08	10.00	7.50	5.585
NP Casos	3.69	3.99	7.69	7.58	5.737

No que diz respeito aos participantes, *T08* foi o que obteve melhor desempenho no modo estudo da nota ponderada (6.826), enquanto *T03* obteve 10.000 no modo avaliação. A diferença de resultados se dá pelas diferentes características de cada um dos modos, tal como explicado anteriormente, onde o modo estudo leva em consideração o histórico de respostas do estudante e, portanto, seu caminho de aprendizagem, enquanto o modo avaliação considera somente a última resposta dada.

Tabela 5.88: *NP* - Nota Ponderada - Modo Avaliação

Participante	C1	C2	C3	C4	NP
T03	10.00	10.00	10.00	10.00	10.000
T04	0.00	10.00	10.00	10.00	7.500
T05	10.00	10.00	0.00	10.00	7.500
T08	2.50	10.00	10.00	10.00	8.125
T09	7.50	2.50	10.00	10.00	7.500
NP Casos	6.00	8.50	8.00	10.00	8.125

Por fim, é importante notar que *T04*, *T05* e *T09* estão entre os participantes com pior desempenho em ambos os modos de cálculo, de modo que na Tabela 5.87 seus valores são, respectivamente, 5.107, 5.238 e 5.585 e, na Tabela 5.88 seus valores são 7.500 para os três. Além disso, os três indivíduos mencionados também possuem desempenho abaixo da média da turma em ambas as tabelas.

Prioridade - *P*

A Tabela 5.89 exibe os valores de Prioridade para os casos de teste e participantes do Exercício 5. Onde, inicialmente, pode-se notar que o caso com maior valor de prioridade é *C1* com *P* igual a 1.25, seguido por *C3* com *P* igual a 1.00. Além disso, os valores de desvio-padrão de ambos os casos corroboram essa percepção, uma vez que *C1* possui menor desvio do que *C3*, sendo, portanto, um conjunto mais homogêneo.

Tabela 5.89: *P* - Prioridade

Participante	C1	C2	C3	C4	P
T03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T04	1.49	0.00	0.00	0.00	1.28
T05	0.00	0.00	5.00	0.00	1.31
T08	1.99	0.00	0.00	0.00	1.71
T09	2.76	2.08	0.00	0.00	2.79
P Casos	1.25	0.42	1.00	0.00	1.42
Desvio Padrão	1.23	0.93	2.24	0.00	

Com relação aos participantes, *T09* é o que precisa de mais atenção por ter a prioridade mais elevada do grupo (*P* igual a 2.79), seguido por *T08* com *P* igual a 1.71. Por fim, nota-se que o participante *T03* possui prioridade igual a zero em todos os casos e também no conjunto. Isso aconteceu devido ao fato de que tal participante concluiu a completamente atividade obtendo o *NT* igual a 10.00 em todos os casos. Além disso, o mesmo se pode afirmar com relação ao caso *C4*.

Dúvida (*D*)

A Tabela 5.90 apresenta os valores de Dúvida para os casos de teste do Exercício 5, de modo que é possível notar que o grupo obteve um valor médio de dúvida de 75.20.

Tabela 5.90: *D* - Dúvida

Participante	C1	C2	C3	C4	Total	Média	DP
T03	0	8	7	2	17	4.25	3.86
T04	103	21	0	5	129	32.25	48.01
T05	91	23	1	0	115	28.75	42.84
T08	68	7	0	0	75	18.75	33.00
T09	28	11	0	1	40	10.00	12.99
Dúvida Caso	58.00	14.00	1.60	1.60	75.20		
Desvio-Padrão	43.24	7.48	3.05	2.07			

O caso de teste *C1* foi o caso com maior valor de dúvida, sendo igual a 58.00 com desvio-padrão de 43.24, de modo que é possível notar que enquanto os dois participantes com maior valor de dúvida obtiveram valores próximos a 100, os dois com menor valor receberam 0 e 28. Essa disparidade de valores pode indicar que os participantes *T04* e *T05* tiveram mais dificuldade para chegar às respostas corretas sobre a tangente do que os outros indivíduos do grupo.

Além disso, embora *C3* e *C4* tenham o mesmo valor médio de dúvida, nota-se que o desvio-padrão de ambos é diferente, de modo que é possível inferir que no caso *C4*, cujo desvio é menor, há uma maior distribuição dos valores de dúvida entre os indivíduos. Isso é confirmado ao observar a

dúvida do participante *T03* no caso *C3* que é igual a 7, enquanto para todos os outros indivíduos (com exceção de *T05* com dúvida igual a 1), a dúvida do caso de teste é igual a zero. De modo que é possível, intuir que este participante foi quem obteve mais dificuldade para chegar a resposta correta durante o processo de construção do conhecimento acerca da relação entre a tangente e a posição de um ângulo no círculo trigonométrico.

Embora *T03* tenha tido mais dificuldade no caso *C3* do que o restante do grupo, este participante foi o que obteve menor valor médio de dúvida para a atividade, sendo um valor total de 17, com média igual a 4.25 e um desvio-padrão de 3.86.

Por outro lado, os participantes com maior valor médio de dúvida foram *T04* e *T05*, com valores totais iguais a 129 e 115, além de média igual a 32.25 e 28.75, respectivamente. Ademais, é importante notar que ambos possuem também os maiores valores de desvio-padrão, indicando que a dúvida prevaleceu em menos questões e não na atividade como um todo, o que se pode confirmar observando seus valores de dúvida para os casos *C1* e *C2*.

Nível de Assertividade - A

Com relação à métrica Assertividade, a Tabela 5.91 apresenta os valores obtidos pelos participantes, de modo que *T08* foi o único que obteve um valor acima da média do grupo (41%), correspondendo a 53%. Além disso, *T04* obteve o menor percentual, sendo igual a 36%.

Tabela 5.91: A - Assertividade

Participante	C1	C2	C3	C4	A
T03	1.00	0.11	0.13	0.33	0.39
T04	0.00	0.09	1.00	0.33	0.36
T05	0.01	0.04	0.50	1.00	0.39
T08	0.00	0.13	1.00	1.00	0.53
T09	0.00	0.00	1.00	0.50	0.38
Média	0.20	0.07	0.73	0.63	0.41

Os casos de teste *C02* e *C01* foram os casos com menor média de assertividade, onde *C02* obteve 7% e *C01*, obteve 20%, de modo que ambos foram os únicos casos com valor menor do que a média do grupo (41%).

Níveis de Compreensão da Questão (*NCQ*) e do Questionário (*NC*)

A Tabela 5.92 apresenta os valores de *NCQ* e *NC* para o grupo estudado neste exercício, de modo que assim como na Assertividade, os casos *C1* e *C2* obtiveram um padrão similar, onde ambos os casos tiveram média de *NCQ* menor do que os outros casos de teste do grupo, sendo aproximadamente 30%.

Além disso, o participante *T04* obteve menor valor de nível de compreensão do questionário, correspondendo a 28.2%. Além deste, outro participante a ficar abaixo do *NC* do grupo (42.5%) foi *T05*, cujo valor foi de aproximadamente 38.5%.

Tabela 5.92: NCQ e NC

Participante	NCQ				NC
	C1	C2	C3	C4	
T03	1.000	0.474	0.208	0.477	0.469
T04	0.076	0.292	0.570	0.372	0.282
T05	0.128	0.253	0.439	0.956	0.385
T08	0.158	0.491	0.909	0.910	0.552
T09	0.203	0.169	0.933	0.724	0.439
Média	0.313	0.336	0.612	0.688	0.425

5.3 Resumo

Inicialmente, este Capítulo apresentou alguns resultados experimentais de simulados do Exame Nacional do Ensino Médio contendo cerca de 40 questões e aplicados em turmas de um Instituto Federal, com o objetivo de coletar dados para validar as métricas propostas nesta tese, bem como apresentar algumas das possibilidades de análises e inferências acerca do desempenho escolar dos estudantes. Para essa discussão, foram utilizados somente os resultados de uma das turmas, contendo 33 estudantes.

Além disso, foi apresentado um método de agrupamento dos estudantes a partir da composição das métricas ‘Grau de Assertividade’ e ‘Nível de Compreensão’. Neste caso, considerando o valor comum utilizado para mensurar a aprovação dos estudantes no Brasil, em torno de 50% da nota tradicional, os participantes foram classificados em 4 grupos considerando os quadrantes do Plano Cartesiano em função destas duas métricas. Assim, o primeiro quadrante contém os participantes com ambas as métricas acima de 50%, isto é, os estudante com bons níveis de compreensão e assertividade. Por outro lado, no terceiro quadrante, observamos os participantes em situação oposta, ou seja, com compreensão e assertividade abaixo de 50%. Sendo este último caso mais preocupante, os participantes deste quadrante foram analisados com o objetivo de descobrir as razões de seu baixo desempenho. De um modo geral, esta análise nos permite concluir que os dados provenientes das novas métricas de aprendizagem podem ser úteis para gerar *feedback* e recomendações.

Na Seção 5.2, foi apresentada um Estudo de Caso cujo objetivo foi de validar e aprimorar a arquitetura proposta neste trabalho. Tal estudo consistiu na implementação e utilização de um objeto de aprendizagem tangível seguidas de coleta de dados. O objeto implementado aborda o conteúdo de trigonometria, mais especificamente, a construção de um quadro trigonométrico, de modo que os participantes sejam auxiliados a um processo de construção do conhecimento à medida que avançam nos exercícios propostos com o objeto.

Por fim, nesta mesma seção, foram apresentadas as três fases do experimento conduzido no estudo de caso, de modo que os dados coletados também foram analisados e comentados. A primeira fase consistiu em comparar os impactos do ensino tradicional e do uso do objeto tangível. A segunda fase consistiu em analisar o uso do objeto tangível proposto sob a perspectiva dos participantes.

E, a fase três foi um estudo exploratório para verificar a viabilidade das métricas de aprendizagem propostas auxiliarem no processo de acompanhamento do ensino-aprendizagem ao usar objetos tangíveis como o implementado.

Capítulo 6

Conclusão

Esta Tese apresentou e discutiu um modelo de educação apoiada por tecnologia que possibilita a criação e a utilização de objetos tangíveis de aprendizagem, além de formas diferenciadas de avaliação da aprendizagem. Dessa forma, foi apresentado um caminho para integração entre manipulativos tangíveis, ambientes digitais de aprendizagem e métricas de avaliação da aprendizagem de forma a possibilitar que uma plataforma digital de aprendizagem contenha, simultaneamente, objetos de aprendizagem tradicionais e tangíveis. Assim, neste capítulo, são feitos comentários finais acerca do método e dos resultados obtidos.

6.1 Considerações Finais

Com as novas tecnologias cada vez mais presentes nos diversos processos sociais, culturais e econômicos atuais, propiciando especialmente maior agilidade e capacidade de comunicação, os artefatos tecnológicos vão marcando significativamente o mundo e as diversas relações estabelecidas entre o ser humano e a realidade, de modo que o conhecimento e as formas de adquiri-lo ou construí-lo também são afetados. Sendo a escola um dos principais meios através do qual os indivíduos tem acesso ao conhecimento, os processos pedagógicos da educação escolar precisam ser revistos e atualizados de modo que possam cumprir o seu papel social.

É nessa perspectiva que este trabalho está inserido e, por causa disso, a pergunta levantada na seção de definição do problema (Seção 1.2) ressurge: “é possível a construção de um ambiente de educação suportado por tecnologia que utilize recursos computacionais tangíveis como parte integrante do processo de ensino-aprendizagem e que, adicionalmente, proveja elementos que auxiliem na avaliação e acompanhamento dos estudantes?”

Com o objetivo de tentar responder a essa questão de fundo, foi aprimorado o método proposto na dissertação de mestrado de Leitão (2017) de forma que o processo pedagógico seja apoiado em todas as suas fases através da inserção de tecnologia, de modo a apoiar os momentos de preparação, execução e após uma aula. Essa inserção de tecnologia deve permitir a utilização de

uma metodologia pedagógica que seja suportada por artefatos tangíveis atuando como objetos de aprendizagem e que possibilitem uma avaliação da aprendizagem mais adequada.

Neste trabalho, embora haja uma proposta de métricas que incidam em uma aparente quantificação do aprendizado, é importante salientar que esta abordagem pode ser utilizada para investigar a qualidade do processo de aprendizado, inclusive, com vistas a ajudar na tomada de decisões e no desenvolvimento dos estudantes. Desse modo, a aplicação de métricas alternativas de acompanhamento da aprendizagem associadas ao uso de tecnologia pode colaborar na melhoria dos processos de aprendizagem. Um exemplo disso está na análise presente no estudo exploratório feito a partir da composição das métricas do Grau de Assertividade e Nível de Compreensão (Seção 5.1), em que foi possível identificar não apenas quais estudantes estavam tendo mais dificuldade, mas, também quais estavam mais inseguros. Além disso, tanto para esses estudantes, quanto para a turma inteira, a métrica Nota Ponderada associada a Nota Tradicional foram utilizadas para indicar quais tópicos e disciplinas precisam ser priorizados pelos estudantes na hora do estudo pessoal.

De modo geral, os resultados dos experimentos feitos até o momento permitem intuir que a inserção de recursos tangíveis na aula possibilita a aplicação de diversas métricas de acompanhamento/avaliação da aprendizagem dos estudantes e abre caminho para o desenvolvimento de sistemas computacionais que ofereçam ferramentas pedagógicas que melhor dialoguem os estudantes e, assim, melhorem seu engajamento no processo de construção do conhecimento.

É necessário ressaltar que, ao longo do experimento do ‘Estudo de Caso’ (Seção 5.2), observou-se um interesse e um engajamento maior dos participantes quando apresentados ao objeto tangível, em contraposição às atividades tradicionais executadas previamente. Tendo sido possível observar um maior engajamento no processo de aprendizagem, uma vez que na etapa tradicional pode-se constatar que alguns participantes estavam dispersos (ora jogando, ora navegando em sítios alheios ao conteúdo apresentado) e o mesmo não aconteceu durante o uso efetivo do objeto tangível. O engajamento e o interesse pelo objeto aconteceu de tal forma que, após o fim do experimento, o grupo de controle (Grupo 2) pediu para fazer uso do mesmo, de modo que isso possibilitou as análises apresentadas na Seção 5.2.3.3.

Ademais, embora isso não tenha podido ser adequadamente mensurado, foi observado que alguns participantes possuíam um alto grau de defasagem com relação aos conteúdos prévios de matemática para o estudo do quadro trigonométrico (por exemplo: operações envolvendo ‘regra de três’), de modo que estes participantes também tiveram mais dificuldades tanto os que participaram do grupo de controle com ensino tradicional, quanto os que participaram do uso do objeto tangível. De toda forma, pode-se notar que o uso do objeto tangível proporcionou oportunidades de exercício e correlação dos conteúdos e, por consequência, de aprendizagem que o ensino tradicional não enfatizou.

Por fim, salienta-se que, a inserção de tecnologia tal como aqui é proposta pretende auxiliar no caminho rumo a uma educação que utilize os recursos computacionais como meio para construção

do conhecimento, onde os dispositivos tecnológicos não são simples ferramentas de reprodução e transmissão de conteúdos, mas, meios de interpelar o estudante e instigá-lo na busca pelo conhecimento.

6.2 Limitações

Embora o trabalho apresentado traga novidades a partir de uma proposta para sistematização da inserção e do uso de objetos tangíveis no acompanhamento/avaliação do aprendizado em ambientes digitais de aprendizagem, há algumas limitações que podem ser destacadas.

A primeira limitação está relacionada com o fato de que cada objeto tangível, sendo único no seu propósito, possui um conjunto diferenciado de sensores demandando infinitas possibilidades de entrada e saída físicas e virtuais, de modo que qualquer padronização nunca contemplará a totalidade dos objetos que podem ser construídos.

Além disso, para uma validação mais consistente do método e das hipóteses apresentados neste trabalho, é necessária a realização de experimentos com mais estudantes, de forma que os dados coletados permitam inferir com mais precisão os impactos no processo de ensino-aprendizagem discutidos nesta teste.

É importante destacar que algumas limitações também podem ser inerentes ao meio, por exemplo, às defasagens do sistema educacional brasileiro, sobretudo o público, de modo que lugares com pouco ou nenhum acesso a recursos computacionais podem ser ainda mais marginalizados digitalmente, de modo a aumentar as desigualdades no ensino entre pobres e ricos.

Além disso, a abordagem proposta, especialmente no que diz respeito à configuração das métricas de aprendizagem, pode aumentar o custo para o professor, uma vez que os níveis de dificuldades, a escolha de quais métricas utilizar ou mesmo a inserção de uma nova abordagem metodológica solicitam, ao menos inicialmente, mais tempo na preparação das aulas.

6.3 Trabalhos Futuros

A inserção de recursos computacionais nos processos de educação é apenas o ponto de partida para uma revolução nas metodologias de ensino e, principalmente, do acompanhamento da aprendizagem dos estudantes. Assim, uma série de trabalhos ainda precisam ser feitos, por exemplo, aumentar a amostra dos experimentos realizados neste trabalho de modo a se ter uma melhor confirmação da validação e depuração do método proposto nesta tese, em especial a criação e utilização de objetos tangíveis de aprendizagem associados às métricas de avaliação propostas.

Além disso, quando se fala em padronização dos objetos tangíveis de aprendizagem, uma série de desafios se fazem presentes, dentre os quais podemos elencar: (i) há uma demanda de como registrar

as interações entre os estudantes e o ambiente tangível, de modo que cada novo objeto solicita uma instrumentação diferenciada que depende, por exemplo, dos sensores utilizados; e, (ii) como efetivamente usar tais informações para avaliar a experiência de aprendizado e das condições do ambiente de ensino, onde intuímos que o principal uso deve acontecer no sentido do fornecimento de novas *features* para algoritmos de aprendizagem de máquina ou profunda; (iii) há um problema de se fazer recomendações e avaliações de objetos tangíveis uma vez que não há um repositório dos mesmos.

Obviamente, alguns destes problemas estão sendo abordados pelo método apresentado nesta tese, mas, carecem de maior aprofundamento e mais experimentos, que não foram possíveis devido às restrições de tempo, espaço e recursos impostos pela própria dinâmica de execução de um projeto de doutorado.

Por fim, com relação às métricas de avaliação da aprendizagem, o caminho natural é o da automatização das análises no sentido de gerar diagnósticos e recomendações automáticas. E, no caso das recomendações, que sejam sugeridas mudanças metodológicas ou utilização de objetos de aprendizagem mais interessantes, ou ainda recomendações baseadas em ciber-física, por exemplo, supondo que, munido das informações dos componentes curriculares estudados pelo aluno (virtual), um ambiente de aprendizagem tenha acesso a sua localização via GPS (físico), ele pode sugerir eventos extracurriculares que contribuam com o processo de aprendizado.

Referências Bibliográficas

- Almeida M. E. B. *ProInfo: Informática e formação de professores*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância, 2000.
- Almeida T. *Como a Educação 4.0 mudará nossas escolas?* Inoveduc, 2018.
- Andrade K. *Guia Definitivo da Educação 4.0: uma rede de conexões interligando pessoas e saberes*. Planeta Educação, 2018.
- Azad A. e Hashemian R. Cyber-physical systems in stem disciplines. In *Proceedings of 2016 SAI Computing Conference, SAI 2016*, páginas 868–874. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. ISBN 9781467384605. cited By 1.
- Basili V. R., Caldiera G. e Rombach H. D. Goal, question metric paradigm. *Encyclopedia of Software Engineering*, 1994.
- Bassedas E., Huguet T., Plazaola M., Sáenz M., Sisquella M., Martí M., Rossell M., Seguer M. e Salvador C. *Intervenção educativa e diagnóstico psicopedagógico*. (Tradução: Neve, B.A.). 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- Biswas P. e Ghosh S. A novel approach to define performance metrics for students' and teachers' evaluation. *Electronic Journal of e-Learning*, 5(2):87–102, 2007.
- Blikstein P., Fuhrmann T., Greene D. e Salehi S. Bifocal modeling: Mixing real and virtual labs for advanced science learning. In *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children*, IDC '12, páginas 296–299, New York, NY, USA, 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1007-9.
- Blikstein P., Fuhrmann T. e Salehi S. Using the bifocal modeling framework to resolve “discrepant events” between physical experiments and virtual models in biology. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4):513–526, Aug 2016. ISSN 1573-1839.
- Carbajal M. e Baranauskas M. C. Programação tangível e construção de significado: criação de símbolos para o ambiente taprec junto com professoras de ensino fundamental. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 24, páginas 323–332, 2018.
- Caron A. *Conheça 5 habilidades fundamentais quando o assunto é Educação 4.0!* Positivo Tecnologia Educacional, 2018.

- Chang J. C., Li Y. J. e Tsai S. B. An applicable solution for setting up intelligent schools by using internet of things technology. In *Advanced Materials Research*, volume 945, páginas 3585–3588. Trans Tech Publ, 2014.
- Charlot B. *A relação com o saber : conceitos e definições*. In: *Da relação com o saber : elementos para uma teoria*, páginas 77–86. Artes Médicas, 2000.
- Chase O. A., Almeida J. F., Sampaio M. H. K. e Almeida F. Plataforma sensorial ciberfísica-uma abordagem ambiental. *X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente–SBAI*, Setembro 2011.
- Cheng Z., Han Q., Sun S., Kansen M., Hosokawa T., Huang T. e He A. A proposal on a learner's context-aware personalized education support method based on principles of behavior science. In *20th International Conference on Advanced Information Networking and Applications–Volume 1 (AINA'06)*, volume 2, páginas 5–pp. IEEE, 2006.
- Chiavatto M. O professor mediador. *ARTES NA ESCOLA, BOLETIM*, 2000.
- Collares C. A. L. *Ajudando a desmistificar o fracasso escolar. Toda criança é capaz de aprender?* FDE, 1989.
- Dekdouk A. Integrating mobile and ubiquitous computing in a smart classroom to increase learning effectiveness. In *Education and e-Learning Innovations (ICEELI), 2012 International Conference on*, páginas 1–5. IEEE, 2012.
- Developers G. Introduction to Blockly. <https://developers.google.com/blockly/guides/overview>, 2022. Acesso 08 de Maio de 2022.
- Dewey J. Experiência e educação.(1938). Trad. Anísio Teixeira. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1971.
- Dong M., Ota K., Cheng Z. e Wang G. A support method for improving learner's learning habit using behavior analysis in a ubiquitous environment. In *2007 International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW 2007)*, páginas 67–67. IEEE, 2007.
- Fikes R. E. e Nilsson N. J. Strips: A new approach to the application of theorem proving to problem solving. *Artificial intelligence*, 2(3-4):189–208, 1971.
- Flôres M. L. P., Tarouco L. M. R. e Reategui E. B. Funcionalidades da ferramenta de autoria para apoiar a construção de objetos de aprendizagem. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 2011.
- Freire P. Pedagogia do oprimido. 17^a. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 3, 1987.
- Freire P. e Papert S. Diálogos impertinentes: o futuro da escola. São Paulo: TV PUC, 1996.
- Führ R. C. Educação 4.0 e seus impactos no século xxi. *V Congresso Nacional de Educação (V CONEDU)*, 2018.
- Gagné R. M. *Instructional technology: Foundations*. Routledge, 2013.

- Gluz J., Passerino L., Preuss E., Baierle I. L. F. e Cimadevila M. Ambiente virtual tangível para integração sensorial no ensino de ciências numa perspectiva inclusiva. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, página 545, 2018.
- Guterres J. P. D. e Moraes S. M. W. Fábrica de objetos: Uma plataforma para construção de objetos de aprendizagem focada na usabilidade. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE*, volume 25, página 516, 2014.
- Ha O. e Fang N. Interactive virtual and physical manipulatives for improving students' spatial skills. *Journal of Educational Computing Research*, 55(8):1088–1110, 2018.
- Hake R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1):64–74, 1998.
- Helps R. G. e Pack S. J. Cyber-physical system concepts for it students. In *Proceedings of the 14th annual ACM SIGITE conference on Information technology education*, páginas 7–12. ACM, 2013.
- Hussin A. A. Education 4.0 made simple: Ideas for teaching. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 6(3):92–98, 2018.
- Hwang G.-J., Yang T.-C., Tsai C.-C. e Yang S. J. A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2):402–413, 2009.
- Imamura R. E. e Baranauskas M. C. Criando uma experiência de leitura colaborativa de histórias fictícias físico-virtuais com realidade aumentada. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, página 31, 2018.
- Intelitek. *The Education 4.0 Revolution. An analysis of Industry 4.0 and its effect on education*. Intelitek, 2018.
- Ishii H. e Ullmer B. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, páginas 234–241, 1997.
- Kenski V. M. *Educação e tecnologias*. Papirus editora, 2007.
- Kolb D. A. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014.
- Lei C.-U., Wan K. e Man K. L. Developing a smart learning environment in universities via cyber-physical systems. *Procedia Computer Science*, 17:583–585, 2013.
- Leitão G. Heidegger: a questão da técnica e o futuro do homem. In *X Simpósio Internacional Filosófico-teológico - Do Humano ao Pós-humano: encruzilhada ou destino?* Faculdade Jesuíta de Filosofia e Teologia - FAJE, 2014.

- Leitão G. *Uma plataforma de suporte ao docente no contexto da Educação Digital*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, 2017.
- Leitão G. e Barreto R. é possível recomendar objetos de aprendizagem físico-virtuais? In *Anais do VIII Workshop de Desafios da Computacao aplicada a Educacao*, páginas 4–6, Porto Alegre, RS, Brasil, 2019. SBC.
- Leite K. e Branco K. C. Framework de ensino de programação para crianças e jovens por meio de aprendizado baseado em projetos usando computação tangível, storytelling, internet das coisas e sistemas embarcados. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 6, página 1301, 2017.
- Levy P. *Cibercultura*. Editora 34, 2010.
- Lima I., Castro T., Dantas A. e Siqueira M. Processo de design colaborativo de artefatos tangíveis para crianças. In *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, páginas 1408–1422. SBC, 2016.
- Lopes M., Reiter R. F. e Reis D. Animar: um aplicativo para criação de animações com realidade aumentada e interface tangível. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 7, página 983, 2018.
- LTSC L. T. S. C. Ieee standard for learning object metadata. *IEEE Std 1484.12.1-2020*, páginas 1–50, 2020.
- Lucena K., Silva J. e Oliveira E. Webmonitor: uma ferramenta para monitoramento e acompanhamento de cursos em um ava. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 26, página 249, 2015.
- Luckesi C. C. Avaliação da aprendizagem na escola e a questão das representações sociais. *Eccos Revista Científica*, 4(2):79–88, 2002.
- Luckesi C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. Cortez editora, 2014.
- Malvezzi W. R., Mourão A. B. e Bressan G. Uma ferramenta baseada em teoria fuzzy para o acompanhamento de alunos aplicado ao modelo de educação presencial mediado por tecnologia. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 1, 2010.
- Marques L. C. et al. *UX-Tips: uma técnica de avaliação de user experience para aplicações de software*. Universidade Federal do Amazonas, 2019.
- Marshall P. Do tangible interfaces enhance learning? In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, páginas 163–170, 2007.
- Mathioudakis G., Leonidis A., Korozi M., Margetis G., Ntoa S., Antona M. e Stephanidis C. Ami-ria: Real-time teacher assistance tool for an ambient intelligence classroom. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-Line Lerning (eLmL 2013)*, páginas 37–42, 2013.

- McClelland M. Metadata standards for educational resources. *Computer*, 36(11):107–109, 2003.
- Mendoza Y. L. M. e Baranauskas M. C. Enhancing a tangible tabletop with embedded-technology objects for experiencing deep time. In *Anais do XXV Workshop de Informática na Escola*, páginas 598–607. SBC, 2019.
- Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Agenda brasileira para indústria 4.0. <http://www.industria40.gov.br/>, 2014. Acesso 30 de Setembro de 2019.
- Moreira E., Ramos E., Wolff L., Bortolini C. d. T., Cavalcanti E. P., Pinto L. A., Maria do Carmo B. B., BENEDETTI M. P., de Oliveira M. R. P. e Baranauskas M. C. Explorando a utilização de storyboard em um ambiente tangível de apoio à comunicação alternativa e aumentativa. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, página 1083, 2018.
- Moreira E. A. e Baranauskas M. C. C. Experiencing and delineating a vocabulary for a tangible environment to support alternative and augmentative communication. In *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–10, 2018.
- Nogueira C. M. M. e Nogueira M. A. *Bourdieu & a educação*. Autêntica, 2013.
- Noor A. K. Intelligent adaptive cyber-physical ecosystem for aerospace engineering education, training, and accelerated workforce development. *Journal of Aerospace Engineering*, 24(4): 403–408, 2011.
- Nunes I., Silva W. M., Laisa J., Ugulino F. e Lucena M. Learning analytics como ferramenta para a análise do desempenho dos alunos em cursos semipresenciais. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 27, página 280, 2016.
- Oluwagbemi F., Misra S. e Omoregbe N. Pervasive computing in classroom environments and applications. In *Computer & Information Technology (GSCIT), 2014 Global Summit on*, páginas 1–6. IEEE, 2014.
- Orlandi B. H. e Isotani S. Uma ferramenta para distribuição de conteúdo educacional interativo em dispositivos móveis. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 23, 2012.
- Panaggio B. Z., Carbajal M. L. e Baranauskas M. C. C. Programação tangível no mundo físico: Taprec+ sphero. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):32–51, 2019.
- Papert S. A máquina das crianças—repensando a escola na era da informática, 1994.
- Papert S., Valente J. A. e Bitelman B. *Logo: computadores e educação*. Brasiliense, 1980.
- Passos O., Souza M., Silva M. e Santos R. Transformando um Editor de Apresentação em uma Ferramenta de Autoria: Uma Experiência com os Professores de Escolas Públicas do Município de Itacoatiara (AM). In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, páginas 61–64, 2010.

- Perrenoud P. e Schilling C. *A pedagogia na escola das diferenças: fragmentos de uma sociologia do fracasso*. Artmed, 2001.
- Pester A., Madritsch C. e Klinger T. Collaborative learning with cyber-physical systems. In *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, páginas 184–188. IEEE, 2015.
- Peter S., Momtaz F. e Givargis T. From the browser to the remote physical lab: Programming cyber-physical systems. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–7. IEEE, 2015.
- Pires P. F., Delicato F., Batista T., Barros T., Cavalcante E. e Pitanga M. Plataformas para a internet das coisas. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2015.
- Rego T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Editora Vozes Limitada, 2013.
- Sabbatini M. Reflexões críticas sobre o conceito de objeto de aprendizagem aplicado ao ensino de ciências e matemática. *Em Teia| Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana-ISSN: 2177-9309*, 3(3), 2013.
- Salehi S., Schneider B. e Blikstein P. The effects of physical and virtual manipulatives on learning basic concepts in electronics. In *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '14, páginas 2263–2268, New York, NY, USA, 2014. ACM. ISBN 978-1-4503-2474-8.
- Sales G., de Albuquerque M. C., Paz R. P. e Leite E. A. Modelo learning vectors na avaliação formativa no ava moodle: de emoticons a gifs animados. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, páginas 64–76, 2019.
- Sales G. L., Barroso G. C. e Soares J. M. Learning vectors (lv): Um modelo de avaliação processual com mensuração não-linear da aprendizagem em ead online. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 20(1):60, 2012.
- Santos R. A., Botelho S. S. e Bichet M. A. Ambientes físico-virtuais de aprendizagem. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 25, página 70. SBIE, 2014.
- Santos R. A. P. *Ambientes Físico-virtuais de Aprendizagem*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2014.
- Satyanarayanan M. Pervasive computing: Vision and challenges. *IEEE Personal communications*, 8(4):10–17, 2001.
- Serbanati A., Medaglia C. M. e Ceipidor U. B. Building blocks of the internet of things: State of the art and beyond. In *Deploying RFID-Challenges, Solutions, and Open Issues*. IntechOpen, 2011.

- Silva M. F. *Trigonometria, modelagem e tecnologias: um estudo sobre uma sequência didática.* Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. PUC Minas, 2011.
- Sipitakiat A., Blikstein P., Cavallo D., Camargo A. e Alves R. D. L. A placa gogo: robótica de baixo custo, programável e reconfigurável. *XIV SBIE: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 73–92, 2003.
- Sousa R., F.M.C. M. e Carvalho A. O. *Tecnologias Digitais na Educação*. EDUEPB, 2011.
- Tarouco L. M., Fabre M., Grando A. R. e Konrath M. L. Objetos de aprendizagem para m-learning. In *Florianópolis: SUCESU-Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação*, 2004.
- Ullmer B. e Ishii H. Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM systems journal*, 39 (3.4):915–931, 2000.
- Valente J. A. Por que computadores na educação. *Computadores e Conhecimento: repensando a educação*, páginas 1–23, 1993.
- Venkatesh V. e Bala H. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2):273–315, 2008.
- Vermesan O., Friess P., Guillemin P., Sundmaeker H., Eisenhauer M., Moessner K., Le Gall F. e Cousin P. Internet of things strategic research and innovation agenda. In *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, páginas 7–152. River Publishers, 2013.
- Viana C. e Raabe A. Interface de programação tangível para produção de algoritmos sonoros. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 7, página 125, 2018.
- Vicari R. M., Gluz J. C., Santos E. R., Primo T. T., Rossi L., Bordignon A., Behar P., Passerino L., Filho R. e Roesler V. Proposta de Padrão para Metadados de Objetos de Aprendizagem Multiplataforma. Technical report, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
- Vygotsky L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- Wade J., Cohen R., Blackburn M., Hole E. e Bowen N. Systems engineering of cyber-physical systems education program. In *Proceedings of the WESE'15: Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education*, página 7. ACM, 2015.
- Wiley D. A. *Learning Object Design and Sequencing Theory*. PhD thesis, Brigham Young University, 2000.
- Wohlin C., Runeson P., Höst M., Ohlsson M. C., Regnell B. e Wesslén A. *Experimentation in Software Engineering*. Springer Science & Business Media, 2012.
- Xu D., Wang H. e Wang M. A conceptual model of personalized virtual learning environments. *Expert Systems with Applications*, 29(3):525–534, 2005.

- Xue R., Wang L. e Chen J. Using the iot to construct ubiquitous learning environment. In *Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011 Second International Conference on*, páginas 7878–7880. IEEE, 2011.
- Zacharia Z. C. e Olympiou G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3):317 – 331, 2011. ISSN 0959-4752.
- Zhou Y. e Wang M. Tangible user interfaces in learning and education. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 24:20–25, 2015.
- Zilse R., Primo T., Koch F. e Koster A. An analysis of applying the short bridge method to digital education. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies*, páginas 94–102. Springer, 2016.
- Zuckerman O., Arida S. e Resnick M. Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, páginas 859–868, 2005.

Apêndice A

Perfil de aplicação OBAA

Item	Nome	Comentário
1	General	Esta categoria agrupa as informações gerais que descrevem esse objeto de aprendizado como um todo.
1.1	General.Identifier	Rótulo globalmente exclusivo que identifica esse Objeto de Aprendizagem
1.1.1	General.Identifier.Catalog	O nome ou designador do esquema de identificação ou catalogação para esta entrada. Um esquema de namespace.
1.1.2	General.Identifier.Entry	O valor do identificador dentro do esquema de identificação ou catalogação que designa ou identifica esse objeto de aprendizado. Uma cadeia específica de namespace.
1.2	General.Title	Nome dado ao OA
1.3	General.Language	A principal linguagem humana ou linguagens usadas nesse objeto de aprendizado para se comunicar com o usuário pretendido.
1.4	General.Description	Descrição textual do conteúdo do OA
1.5	General.Keyword	Palavras-chave associadas ao OA
1.6	General.Coverage	Abrangência do OA: localização espacial, período temporal, jurisdição. (http://www.dublincore.org/documents/dces/)
1.7	General.Structure	Estrutura organizacional do OA
1.8	General.AggregationLevel	Granularidade funcional do OA
2	LifeCycle	Grupo de metadados que contém informações sobre o histórico e o estado atual do OA
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
2.1	LifeCycle.Version	A Edição do OA
2.3	LifeCycle.Contribute	Entidades (ou seja, pessoas, organizações) que contribuíram para o estado desse OA durante seu ciclo de vida (por exemplo, criação, edições, publicação).
2.3.1	LifeCycle.Contribute.Role	Tipo de contribuição. NOTA - Minimamente, o(s) autor (es) do OA deve ser descrito.
2.3.2	LifeCycle.Contribute.Entity	Identificação e informação sobre entidades (ou seja, pessoas, organizações) contribuindo para este objeto de aprendizagem. As entidades devem ser classificadas como mais relevantes primeiro.
2.3.3	LifeCycle.Contribute.Date	Data de contribuição
3	Meta-Metadata	Grupo de metadados que contém informações sobre os metadados do objeto
3.1	Meta-Metadata.Identifier	Identificador deste registro de metadados
3.2	Meta-Metadata.Contribute	Entradas relacionadas à criação e modificações dos metadados do objeto
3.4	Meta-Metadata.Language	Linguagem/idioma utilizada no metadado em si.
4	Technical	Informações relacionadas aos requisitos e características técnicas dos objetos de aprendizagem
4.1	Technical.Format	Formato dos conteúdos do objeto
4.2	Technical.Size	Tamanho do objeto de aprendizagem em bytes
4.3	Technical.Location	Localização física do objeto e de seus conteúdos (URL, URI...)
4.4	Technical.Requirement	Requisitos técnicos para uso do objeto de aprendizagem. (Se houver vários requisitos, todos são necessários, ou seja, o conector lógico é AND)
4.6	Technical.OtherPlatformsRequirements	Informações sobre outras plataformas e hardwares
4.7	Technical.Duration	Duração pretendida para a exibição do objeto. OBS: este elemento é especialmente utilizado para áudios, vídeos ou animações.
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
4.8	Technical.SupportedPlatforms	<p>Lista de plataformas digitais para as quais o Objeto de Aprendizagem está previsto. Atualmente estão previstos três tipos básicos de plataformas digitais para disponibilização de OAs: Web, DTV e Mobile.</p> <p>Este item não é obrigatório, para manter a compatibilidade com o LOM, mas é recomendado seu preenchimento.</p>
4.9	Technical.PlatformSpecificFeatures	Conjunto de características técnicas das mídias específicas desenvolvidas para cada plataforma para a qual o OA foi previsto.
5	Educational	<p>Grupo de metadados que descreve as características educacionais e pedagógicas do OA.</p> <p>NOTA - Esta é a informação pedagógica essencial para aqueles envolvidos em alcançar uma experiência de aprendizagem de qualidade. O público para esses metadados inclui professores, gerentes, autores e alunos.</p>
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
5.1	Educational.InteractivityType	<p>Modo predominante de aprendizagem apoiado por este projeto de aprendizagem.</p> <p>O aprendizado “ativo” (por exemplo, aprender fazendo) é apoiado por conteúdo que induz diretamente a ação produtiva do aluno. Um objeto de aprendizado ativo solicita ao aprendiz informações semanticamente significativas ou para algum outro tipo de ação ou decisão produtiva, não necessariamente executada na estrutura do objeto de aprendizagem. Documentos ativos incluem simulações, questionários e exercícios.</p> <p>A aprendizagem “expositiva” (por exemplo, aprendizagem passiva) ocorre quando o trabalho do aluno consiste principalmente em absorver o conteúdo exposto a ele (geralmente por meio de texto, imagens ou som). Um objeto de aprendizagem expositivo exibe informações, mas não solicita ao aluno qualquer entrada semanticamente significativa. Documentos expositivos incluem ensaios, clipes de vídeo, todos os tipos de material gráfico e documentos em hipertexto. Quando um objeto de aprendizado combina os tipos de interatividade ativa e expositiva, seu tipo de interatividade é “misto”.</p> <p>OBSERVAÇÃO: Ativar links para navegar em documentos de hipertexto não é considerado uma ação produtiva.</p>
5.2	Educational.LearningResourceType	<p>Tipo específico do objeto de aprendizagem.</p> <p>Tipos: Exercício, Simulação, Questionário, Diagrama, Figura, Gráfico, Índice, Apresentação, Tabela, Texto Narrativo, Exame, Experimento, Solução de Problemas, Auto-avaliação, Palestra.</p>
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
5.3	Educational.InteractivityLevel	<p>O grau de interatividade que caracteriza este objeto de aprendizagem. Interatividade neste contexto refere-se ao grau em que o aluno pode influenciar o aspecto ou comportamento do objeto de aprendizagem.</p> <p>NOTA - Inerentemente, esta escala é significativa dentro do contexto de uma comunidade de prática.</p> <p>Níveis: Muito baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto.</p>
5.5	Educational.IntendedEndUserRole	<p>Principal usuário (s) para o qual este objeto de aprendizagem foi projetado, mais dominante primeiro.</p> <p>NOTAS</p> <p>1 - Um aluno trabalha com um objeto de aprendizado para aprender alguma coisa.</p> <p>Um autor cria ou publica um objeto de aprendizado.</p> <p>Um gerente gerencia a entrega desse objeto de aprendizado, por exemplo, uma universidade ou faculdade. O documento para um gerente é tipicamente um currículo.</p> <p>2 - Para descrever o papel do usuário final pretendido através das habilidades que o usuário pretende dominar, ou as tarefas que ele ou ela se destina a realizar, a categoria 9: Classificação pode ser usada.</p>
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
5.6	Educational.Context	<p>O principal ambiente dentro do qual a aprendizagem e o uso desse objeto de aprendizado se destinam a ocorrer.</p> <p>NOTA - A boa prática sugerida é usar um dos valores do espaço de valor e usar uma instância adicional desse elemento de dados para refinamento adicional, como em (“LOMv1.0”, “ensino superior”) e (“http://www.ond.vlaanderen.be/onderwijsinvlaanderen/Default.htm”, “kandidatuursonderwijs”)</p> <p>Contextos: Escola, Ensino Superior, Estágio, Outros</p>
5.7	Educational.TypicalAgeRange	<p>Idade típica dos principais usuários do OA. Este elemento de dados deve referir-se à idade de desenvolvimento, se isso for diferente da idade cronológica.</p> <p>NOTAS 1 - A idade do aluno é importante para encontrar OA, especialmente para os alunos em idade escolar e seus professores. Quando aplicável, a string deve ser formatada como idade mínima - idade máxima ou idade mínima -.</p> <p>[Este é um compromisso entre adicionar três elementos componentes (idade mínima, idade máxima e descrição) e ter apenas um campo de texto livre.]</p> <p>2 - Esquemas alternativos para o que este elemento de dados tenta cobrir (como vários esquemas de leitura de idade ou nível de leitura, QI ou medidas de idade de desenvolvimento) devem ser representados através da categoria 9: Classificação.</p>
5.8	Educational.Difficulty	Grau de dificuldade de se trabalhar com o OA para o público-alvo típico pretendido.
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
5.9	Educational.LearningTime	Tempo aproximado ou típico necessário para trabalhar com ou através desse objeto de aprendizagem para o público-alvo pretendido.
5.10	Educational.Description	Comentários sobre como esse objeto de aprendizagem deve ser usado.
5.11	Educational.Language	Linguagem natural usada pelo usuário típico do Objeto de Aprendizagem.
5.12	Educational.LearningContentType	Especificação educacional do tipo de conteúdo do objeto de aprendizagem.
5.13	Educational.Interaction	Especifica a interação educacional proposta por este objeto de aprendizagem e seu(s) usuários.
5.14	Educational.DidacticStrategy	Conjunto de ações planejadas e conduzidas pelo professor a fim de promover o envolvimento e comprometimento dos alunos com um conjunto maior de atividades.
6	Rights	<p>Esta categoria descreve os direitos de propriedade intelectual e as condições de uso desse objeto de aprendizado.</p> <p>OBSERVAÇÃO: a intenção é reutilizar os resultados do trabalho em andamento nas comunidades de direitos de propriedade intelectual e comércio eletrônico.</p> <p>Atualmente, esta categoria fornece somente o nível mínimo de detalhes.</p>
6.1	Rights.Cost	Se o uso deste OA requer pagamentos
6.2	Rights.CopyRightandOtherRestrictions	Se direitos autorais ou outras restrições se aplicam ao uso desse objeto de aprendizado.
6.3	Rights.Description	Comentários sobre as condições de uso deste Objeto de Aprendizagem
7	Relation	<p>Esta categoria define a relação entre esse objeto de aprendizado e outros objetos de aprendizado, se houver.</p> <p>Para definir vários relacionamentos, pode haver várias instâncias dessa categoria.</p> <p>Se houver mais de um objeto de aprendizado de destino, cada destino terá uma nova instância de relacionamento.</p>
Continua na próxima página		

continuação da página anterior		
Item	Nome	Comentário
7.2	Relation.Resource	OA alvo que este OA referencia
7.2.1	Relation.Resource.Identifier	Marcador global único que identifica o Objeto de Aprendizagem alvo
8	Annotation	<p>Essa categoria fornece comentários sobre o uso educacional desse objeto de aprendizado e informações sobre quando e por quem os comentários foram criados.</p> <p>Esta categoria permite que os educadores compartilhem suas avaliações de objetos de aprendizagem, sugestões de uso, etc.</p>
8.1	Annotation.Entity	Entidade que criou esta anotação (pessoa, organização...)
8.2	Annotation.Date	Data que esta anotação foi criada
8.3	Annotation.Description	Conteúdo da Anotação
10	Acessibility	Acessibilidade é a habilidade do ambiente de aprendizagem de se adaptar às necessidades de cada usuário/estudante. Ela é determinada pela flexibilidade de um ambiente educacional (no que diz respeito à apresentação, métodos de controle, modalidade de acesso e suporte para os estudantes e a disponibilidade de conteúdos e atividades alternativas, mas equivalentes).
11	SegmentInformationTable	Grupo que conterá o conjunto de informações de segmentação dos objetos de aprendizagem e de grupos de segmentos dos objetos de aprendizagem.

Apêndice B

Estudo de Caso: Atividade 1

B.1 Atividade 1: Plano de Aula

TEMA	
Trigonometria no Triângulo Retângulo	
OBJETIVOS	
GERAL	Revisar alguns conceitos estudados em anos anteriores relacionados ao triângulo retângulo de modo a possibilitar a introdução de conceitos de relações trigonométricas no círculo trigonométrico.
ESPECÍFICOS	- Introduzir conceitos de básicos de trigonometria - Recordar conceitos básicos de relações trigonométricas no triângulo retângulo
CONTEÚDO	
Conceito de trigonometria, triângulo retângulo, semelhança de triângulos, catetos, hipotenusa, teorema de Pitágoras, relações trigonométricas do triângulo retângulo (seno, cosseno, tangente)	
METODOLOGIA DO ENSINO	
Aula expositiva com possibilidade de interação com os estudantes, tais como: intervenções, questionamentos, exemplos.	
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	
Após a aula, será aplicado um questionário avaliativo com questões de múltipla-escolha a título de verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes como preparação para o próximo tema a ser trabalhado.	
RECURSOS NECESSÁRIOS	
Quadro branco e pincéis, computador, datashow, apresentação em slides, aplicativos digitais	
REFERÊNCIAS	
- Dante, Luis Roberto. "Matemática - Volume único", São Paulo: Editora Ática, 2005. - Gouveia, Rosimar. "Trigonometria". Disponível em: https://www.todamateria.com.br/trigonometria/	

B.2 Atividade 1: Apresentação em Slides

AULA INTRODUTÓRIA
Trigonometria - Triângulo Retângulo
Prof. Me. Gabriel de Souza Leitão

1

Trigonometria?

- ▶ A trigonometria é a parte da matemática que estuda as relações existentes entre os lados e os ângulos dos triângulos.
- ▶ Ela é utilizada também em outras áreas de estudo como física, química, biologia, geografia, astronomia, medicina, engenharia, etc.
- ▶ A palavra **trigonometria** vem do grego e significa “medida (*metria*) em triângulos (*trigon*)”.
- ▶ Dois conceitos marcam o inicio da Trigonometria:
 - ▶ Razão entre dois números
 - ▶ Triângulos semelhantes.

Eiffel Tower Technical Drawing

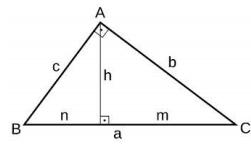
Roof Truss Types:

- Tesoura simples
- Tesoura com lanternim
- Tesoura simples com rebos
- Tesoura com lanternim e rebos
- Tesoura com tirantes e escorres
- Tesoura sem linha

2

Triângulo Retângulo

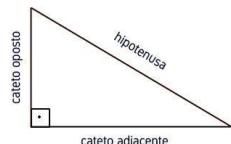
- ▶ O triângulo retângulo é uma figura geométrica formada por três lados.
- ▶ Ele possui um ângulo reto, cuja medida é de 90° , e dois ângulos agudos, menores que 90° .
- ▶ A soma dos ângulos internos de um triângulo é 180°



3

Triângulo Retângulo

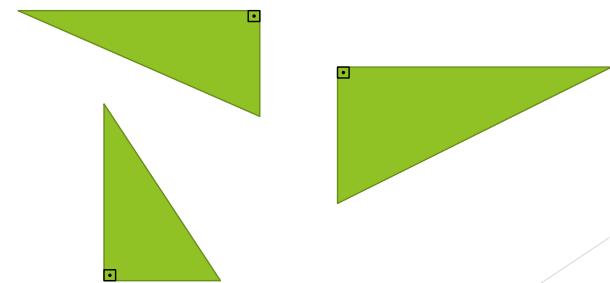
- ▶ O lado oposto ao ângulo de 90° é chamado de **hipotenusa**.
- ▶ Esse é o maior dos três lados da figura.
- ▶ Os demais lados são denominados de **cateto adjacente** e **cateto oposto**.



4

Triângulo Retângulo

Onde está o ângulo reto?

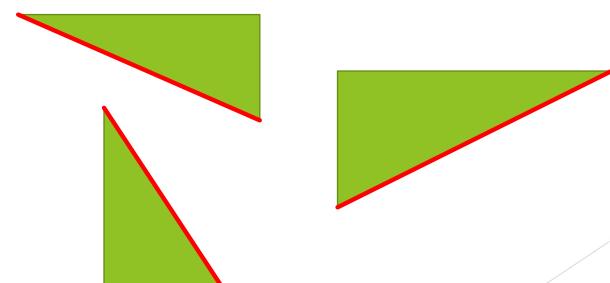


5

Triângulo Retângulo

Onde está a hipotenusa?

Ela é sempre oposta ao ângulo reto!

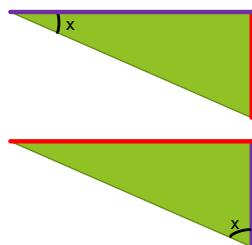


6

Triângulo Retângulo

O **cateto oposto** está sempre no lado contrário a um ângulo x .

O **cateto adjacente** está sempre próximo a esse mesmo ângulo x .

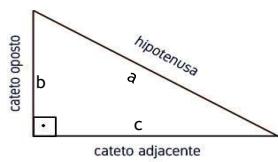


7

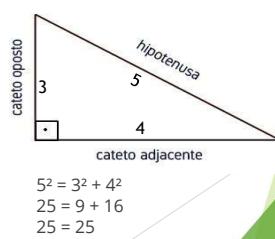
Teorema de Pitágoras

- ▶ O Teorema de Pitágoras é, talvez, o mais importante da matemática.
- ▶ Esse teorema afirma que:
 - ▶ Para qualquer triângulo retângulo, o quadrado da hipotenusa equivale à soma dos quadrados dos catetos.
- ▶ É representado da seguinte forma:

$$a^2 = b^2 + c^2$$

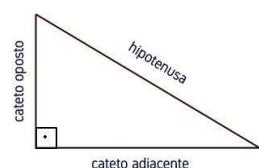


8



Relações Trigonométricas do Triângulo Retângulo

- ▶ As razões trigonométricas são as relações existentes entre os lados de um triângulo retângulo.
- ▶ As principais são o seno, o cosseno e a tangente.



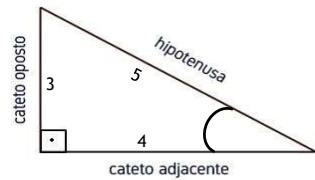
$$\text{Seno} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Cosseno} = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Tangente} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

9

Relações Trigonométricas do Triângulo Retângulo



$$\text{Cosseno} = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Cosseno } x = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\text{Seno} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{Seno } x = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$\text{Tangente} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

$$\text{Tangente } x = \frac{3}{4} = 0,75$$

10

Referências

- ▶ Dante, Luis Roberto. "Matemática - Volume único", São Paulo: Editora Ática, 2005.
- ▶ Gouveia, Rosimar. "Trigonometria". Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/trigonometria/>

11

PRÉ-TESTE

Prof. Me. Gabriel de Souza Leitão

Estes slides foram gerados com base no Capítulo 2 do livro "Como elaborar projetos de pesquisa" escrito por Antonio Carlos Gil, 6ª edição. São Paulo: Atlas.

12



Apêndice C

Estudo de Caso: Atividades 2 e 3

C.1 Atividade 2: Plano de Aula

TEMA	
Trigonometria: Ciclo Trigonométrico	
OBJETIVOS	
GERAL	Identificar unidades de medida de ângulo em arcos do círculo trigonométrico de modo a compreender as relações trigonométricas presentes no ciclo trigonométrico.
ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none">- Compreender os conceitos de arco, comprimento do círculo e quadrantes de um círculo trigonométrico;- Identificar as unidades de medida de ângulo e arcos no ciclo trigonométrico - Trabalhar com a medida de um arco em radiano e em grau;- Utilizar o círculo trigonométrico para compreender as relações trigonométricas (seno, cosseno e tangente).
CONTEÚDO	
Conceitos de circunferência, arcos, ângulos, comprimento de uma circunferência, arco orientado e quadrantes; Medidas de ângulos em graus e radianos, relação entre graus e radianos. Ângulos Côngruos. Leis dos Senos, Cossenos e Tangentes.	
METODOLOGIA DO ENSINO	
<ul style="list-style-type: none">- Aula expositiva com possibilidade de interação com os estudantes, tais como: intervenções, questionamentos, exemplos.- Exercício de Fixação em papel e caneta com o apoio de um transferidor.	
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	
Após a aula, será aplicado um questionário avaliativo com questões de múltipla-escolha a título de verificação dos conhecimentos aprendidos pelos estudantes de modo a se obter uma comparação com o nível de conhecimento verificado previamente.	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
RECURSOS NECESSÁRIOS
Quadro branco e pincéis, computador, datashow, apresentação em slides, transferidor
REFERÊNCIAS
<ul style="list-style-type: none"> - Dante, Luis Roberto. "Matemática - Volume único", São Paulo: Editora Ática, 2005. - Gouveia, Rosimara. "Trigonometria". Disponível em: https://www.todamateria.com.br/trigonometria/ - Silva, M.F. "Trigonometria, modelagem e tecnologias: um estudo sobre uma sequência didática". Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. PUC Minas, 2011.

C.2 Atividade 3: Plano de Aula

TEMA	
Trigonometria: Ciclo Trigonométrico	
OBJETIVOS	
GERAL	Identificar unidades de medida de ângulo em arcos do círculo trigonométrico de modo a compreender as relações trigonométricas presentes no ciclo trigonométrico.
ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender os conceitos de arco, comprimento do círculo e quadrantes de um círculo trigonométrico; - Identificar as unidades de medida de ângulo e arcos no ciclo trigonométrico - Trabalhar com a medida de um arco em radiano e em grau; - Construir o círculo trigonométrico - Utilizar o círculo trigonométrico para compreender as relações trigonométricas (seno, cosseno e tangente).
CONTEÚDO	
Conceitos de circunferência, arcos, ângulos, comprimento de uma circunferência, arco orientado e quadrantes; Medidas de ângulos em graus e radianos, relação entre graus e radianos. Ângulos Côngruos. Leis dos Senos, Cossenos e Tangentes.	
METODOLOGIA DO ENSINO	
<ul style="list-style-type: none"> - Aula expositiva com possibilidade de interação com os estudantes, tais como: intervenções, questionamentos, exemplos. - Exercício de Fixação utilizando o Objeto Tangível "Quadro Trigonométrico" com apoio de um transferidor. 	
AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	
Após a aula, será aplicado um questionário avaliativo com questões de múltipla-escolha a título de verificação dos conhecimentos aprendidos pelos estudantes de modo a se obter uma comparação com o nível de conhecimento verificado previamente.	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
RECURSOS NECESSÁRIOS
Quadro branco e pincéis, computador, datashow, apresentação em slides, transferidor, objeto tangível “quadro trigonométrico”, roteador wi-fi, computador ou <i>smartphone</i> com navegador de internet instalado
REFERÊNCIAS
<ul style="list-style-type: none">- Dante, Luis Roberto. “Matemática - Volume único”, São Paulo: Editora Ática, 2005.- Gouveia, Rosimar. “Trigonometria”. Disponível em: https://www.todamateria.com.br/trigonometria/- Silva, M.F. “Trigonometria, modelagem e tecnologias: um estudo sobre uma sequência didática”. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. PUC Minas, 2011.

C.3 Atividades 2 e 3: Apresentação em Slides

AULA 2 - TRIGONOMETRIA
Círculo Trigonométrico
Prof. Me. Gabriel de Souza Leitão

1

Circunferência

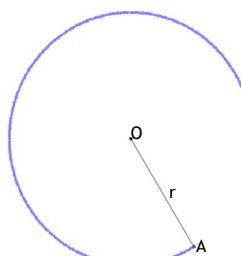
► Qual dessas formas geométricas é uma circunferência?

1 2 3 4 5

2

Circunferência

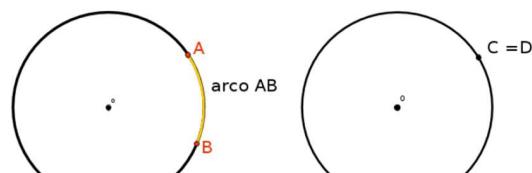
- ▶ Dados um ponto O de um plano e uma distância r
- ▶ Circunferência de centro O e raio r é o conjunto dos pontos do plano que distam r de O .



3

Arcos e Ângulos

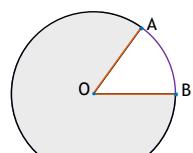
- ▶ Arco Geométrico: é uma das partes da circunferência delimitada por dois pontos, inclusive.
- ▶ Se os dois pontos coincidirem, teremos arco nulo ou arco de uma volta.



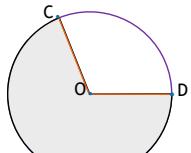
4

Arcos e Ângulos

- **Arco e ângulo central:** todo arco de circunferência tem um ângulo central que subtende.



Arco: AB
Ângulo Central: $A\hat{O}B$



Arco: CD
Ângulo Central: $C\hat{O}D$

5

Comprimento do círculo

Os antigos identificaram que o comprimento de uma circunferência dividido pelo diâmetro dela era igual a uma constante.

C = Comprimento
 D = Diâmetro

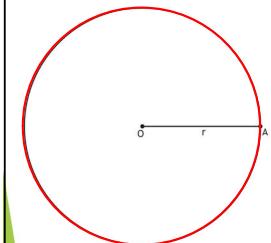
$$\frac{C}{D} = \text{constante}$$

Vamos testar isso?

$$\frac{C}{D} = \pi$$

6

Comprimento do círculo



Considerando que a distância AO é r,

$$D = r + r = 2r$$

A razão do comprimento C do círculo pelo diâmetro D vai ser dado por:

$$\frac{C}{D} = \pi \rightarrow \frac{C}{2r} = \pi$$

Mudando $2r$ para o outro lado da equação, temos:

$$C = 2r\pi$$

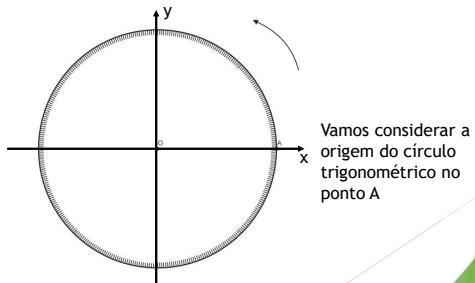
$$\therefore$$

$$C = 2\pi r$$

7

Círculo Trigonométrico

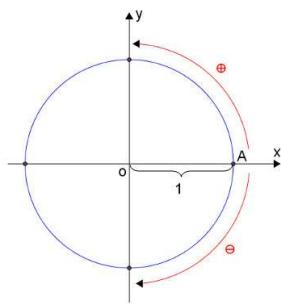
- ▶ Se fixarmos um sentido positivo em uma circunferência pode-se dizer que se trata de uma circunferência orientada.
- ▶ Uma circunferência orientada de centro na origem do sistema cartesiano, de raio = 1 e cujo sentido positivo é o anti-horário é denominado círculo trigonométrico.



8

Círculo Trigonométrico

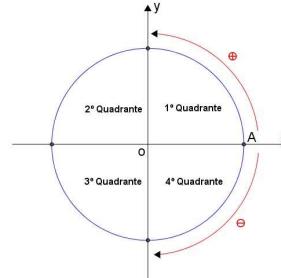
- ▶ Todo círculo trigonométrico tem início no ponto A e gira sempre no sentido anti-horário, ou seja, sentido positivo.



9

Círculo Trigonométrico

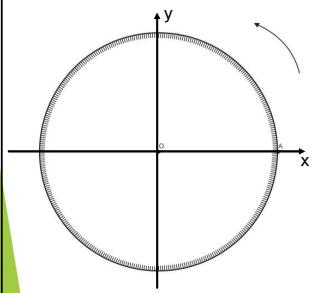
- ▶ Os eixos x e y dividem a circunferência em 4 partes iguais, chamadas de quadrantes.



No círculo trigonométrico registramos as medidas dos ângulos que podem estar em **graus** ou em **radianos**.

10

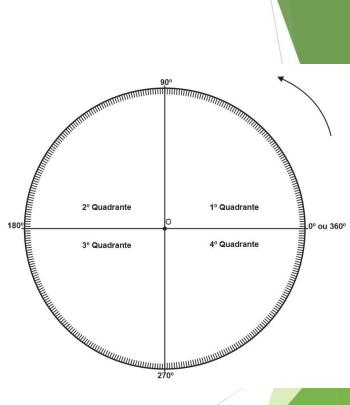
Graus



- ▶ A unidade principal de medida de um ângulo é o grau ($^{\circ}$).
- ▶ Quando dividimos uma circunferência em 360 partes iguais, cada uma dessas partes é um arco de um grau (1°).
- ▶ Em outras palavras:
 - ▶ 1° (um grau) equivale a $\frac{1}{360}$ de uma circunferência, ou seja,
 - ▶ 1° corresponde a uma das 360 partes em que uma circunferência foi dividida.
 - ▶ Assim, uma circunferência inteira possui 360° .

11

Graus - Quadrantes



arco AB de 90°
(um quarto de volta)

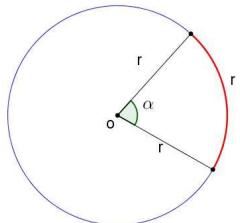
arco AB de 180°
(meia volta)

arco AB de 270°
(três quartos de volta)

arco AB de 360°
(uma volta ou nulo)

12

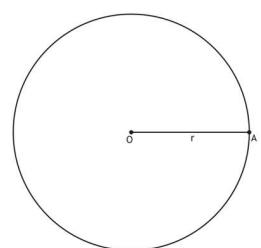
Radianos



- ▶ Arco de 1 radiano (1 rad) é o arco cujo comprimento é igual à medida do raio da circunferência que o contém.
- ▶ As medidas de arcos de circunferências em graus e em radianos são diretamente proporcionais

13

Relação entre graus e radianos



Relação entre graus e radianos

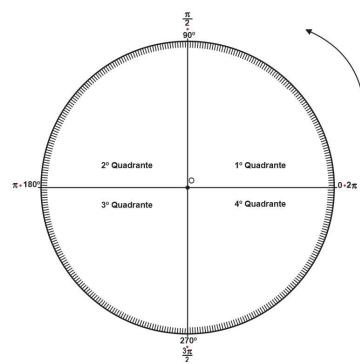
- ▶ Sabemos que o comprimento C da circunferência de raio r é igual a $C = 2\pi r$
- ▶ Como cada raio r corresponde a 1 rad, podemos afirmar que o arco que corresponde a circunferência completa mede:

$$2\pi r = 2\pi \times 1 \text{ rad} = 2\pi \text{ rad}$$

Assim, podemos dizer que $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$ ou $180^\circ = \pi \text{ rad}$

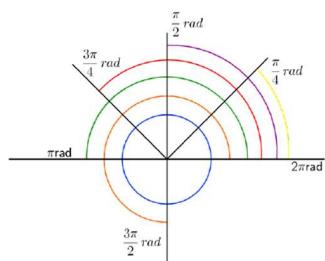
14

Relação entre graus e radianos



15

Relação entre graus e radianos



Grau	0	45°	90°	135°	180°	270°	360°
Radiano	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π

16

Relação entre graus e radianos

Para verificar quanto mede, em grau, um arco de $\frac{\pi}{6}$ rad, fazemos os seguintes cálculos:

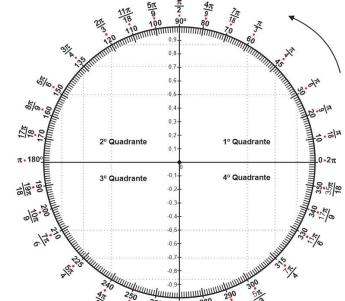
grau	radiano
180	π
x	$\frac{\pi}{6}$

$$\pi \cdot x = 180 \cdot \frac{\pi}{6} \rightarrow x = \frac{180 \cdot \frac{\pi}{6}}{\pi} \rightarrow x = 30$$

Assim, um arco de $\frac{\pi}{6}$ rad mede 30°

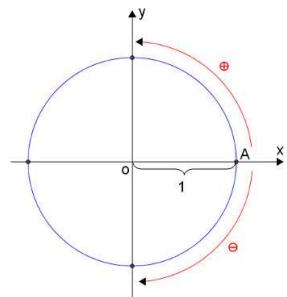
17

Relação entre graus e radianos



18

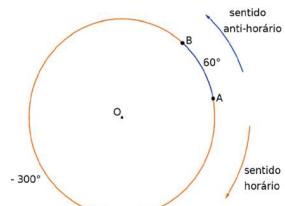
Circunferência orientada no plano cartesiano



- ▶ Podemos percorrer uma circunferência em dois sentidos:
 - ▶ Sentido horário
 - ▶ Sentido anti-horário
- ▶ Adotando o sentido anti-horário para as medidas positivas, fica determinado que o sentido oposto (horário) fornece medidas negativas.

19

Circunferência orientada no plano cartesiano

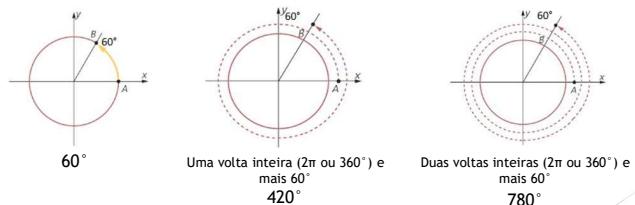


- ▶ Sentido anti-horário:
 $\text{med}(AB) = 60^\circ$
- ▶ Sentido horário:
 $\text{med}(AB) = -300^\circ$

20

Ângulos Congruos

- ▶ Toda vez que o ponto da circunferência é o mesmo para dois arcos diferentes (por exemplo, 0 e 2π), chamamos esses arcos de côngruos ou congruentes.
- ▶ Note que todos os arcos côngruos diferem entre si de um múltiplo de 2π ou de 360° , que é o comprimento de cada volta.



$60^\circ + k \cdot 360^\circ, k \in \mathbb{Z}$ Onde k é a quantidade de voltas

21

Ângulos Congruos

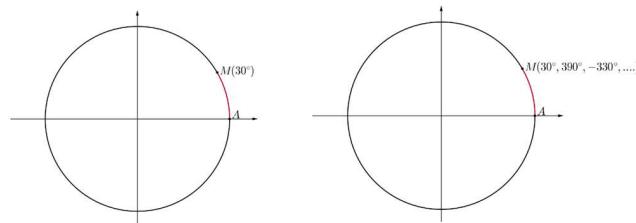
1. Supondo que temos um arco AB de 1520° , esse arco corresponde a qual ângulo do 1º quadrante?

- ▶ Primeiro é necessário saber quantas voltas foram dadas:
- ▶ $\frac{1520^\circ}{360^\circ} = 4,22$, portanto, 4 voltas + 0,22
- ▶ 0,22 corresponde ao ângulo que vamos descobrir:
▶ $1520^\circ - (360^\circ \times 4) = 1520^\circ - 1440^\circ = 80^\circ$

2. Ao dar 6 voltas completas no círculo trigonométrico, qual ângulo obtenho?
▶ $360^\circ \times 6 = 2160^\circ$

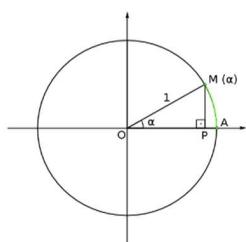
22

Ângulos Congruos



23

Seno e Cosseno de um ângulo



- ▶ Considere um arco trigonométrico AM de medida α , com $0^\circ < \alpha < 90^\circ$
- ▶ Como o raio da circunferência trigonométrica mede 1 e a medida do ângulo central $M\hat{O}A$ é igual à medida do arco AM , em grau, temos no triângulo retângulo OMP

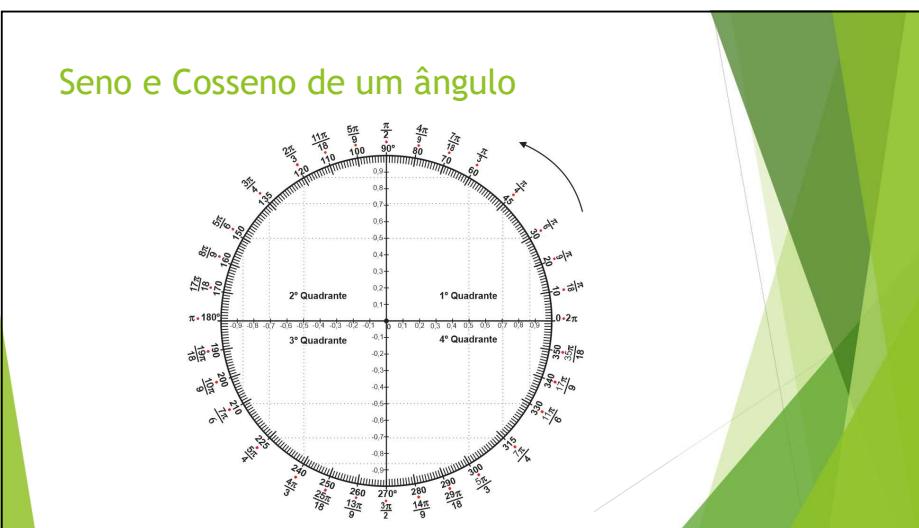
$$\cos \alpha = \frac{OP}{1} = OP$$

$$\sin \alpha = \frac{PM}{1} = PM$$

24



25

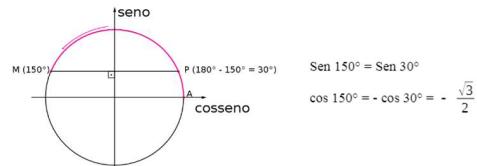


26

Seno e Cosseno de um ângulo

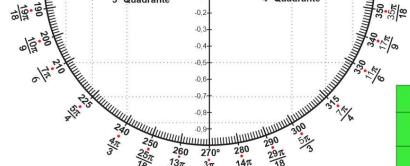
► Redução ao primeiro quadrante

Grau ou radianos	30° ou $\frac{\pi}{6}$	45° ou $\frac{\pi}{4}$	60° ou $\frac{\pi}{3}$
Seno	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
Cosseno	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$



27

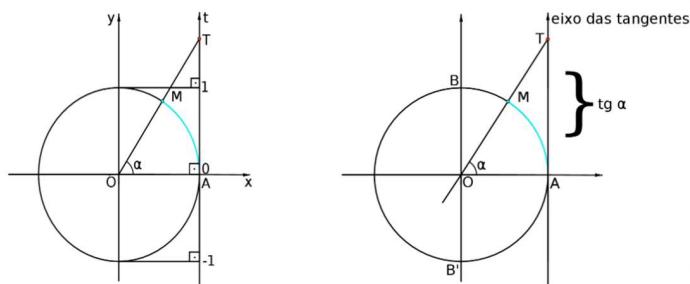
Seno e Cosseno de um ângulo



Grau ou radianos	30° ou $\frac{\pi}{6}$	45° ou $\frac{\pi}{4}$	60° ou $\frac{\pi}{3}$
Seno	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
Cosseno	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$

28

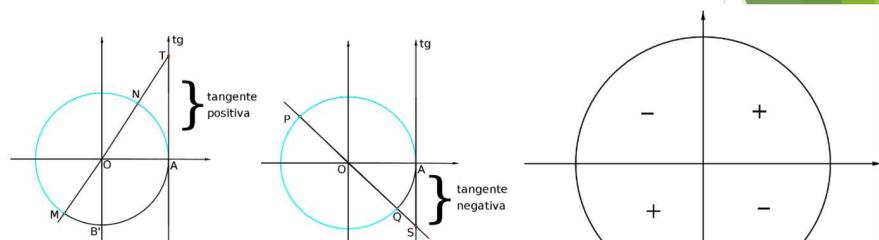
Tangente de um ângulo



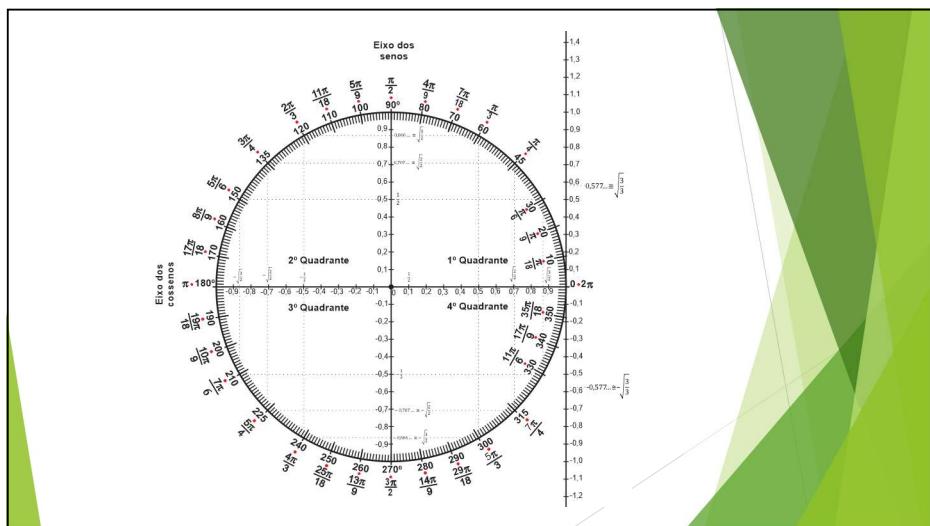
No triângulo retângulo AOT , temos: $\text{tg} \alpha = \frac{AT}{OA} = \frac{AT}{1} = AT$

29

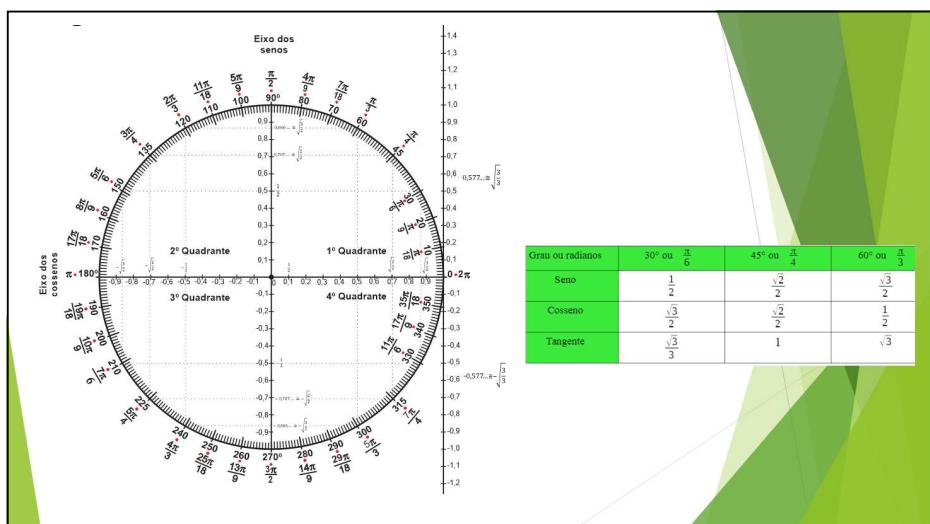
Tangente de um ângulo



30



31



32

Referências

- ▶ <https://mundoeducacao.uol.com.br/matematica/circulo-trigonometrico.htm>
- ▶ <https://www.infoescola.com/matematica/circulo-trigonometrico/>
- ▶ Lummertz, Natália. “Plano de Aula de Matemática, 2º ano do Ensino Médio”. Sombrio/SC. Disponível em:
<http://matinterdisciplinar.pbworks.com/w/file/fetch/88827455/Plano%20de%20aula%20da%20macro%20aula%20Natalia.pdf>

C.4 Atividade 2: Exercício de Fixação

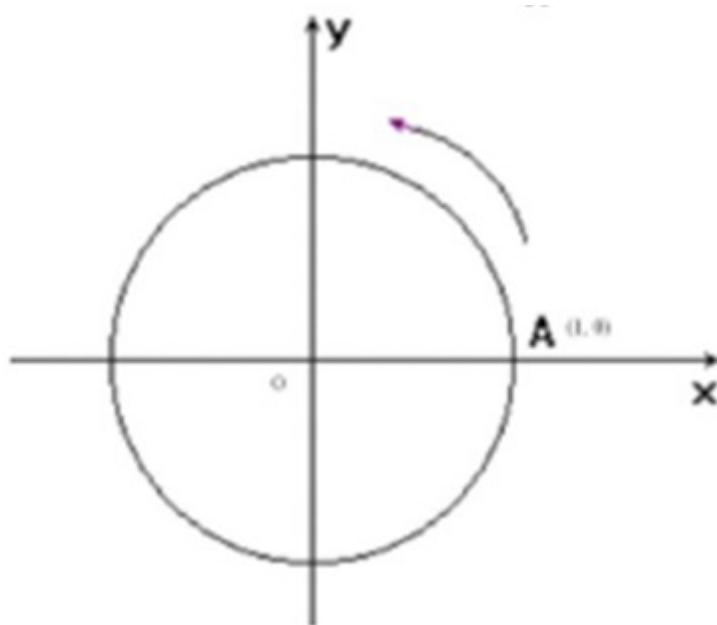
Exercício de Fixação

1 – Complete a tabela abaixo, indicando os intervalos de variação, em graus e em radianos, de cada quadrante:

Quadrante	Intervalo em graus	Intervalo em radianos
1º Quadrante		
2º Quadrante		
3º Quadrante		
4º Quadrante		

2 – Com o auxílio de um transferidor, marque no círculo trigonométrico os pontos que correspondem aos ângulos:

$$15^\circ, 75^\circ, 30^\circ, 60^\circ, \pi/4, 120^\circ, 150^\circ, \frac{3\pi}{4}, \frac{7\pi}{6}, 240^\circ, \frac{5\pi}{3}, 330^\circ, 420^\circ, 480^\circ, 540^\circ, 600^\circ, 750^\circ, 780^\circ, -\frac{\pi}{3}, -135^\circ, -225^\circ$$

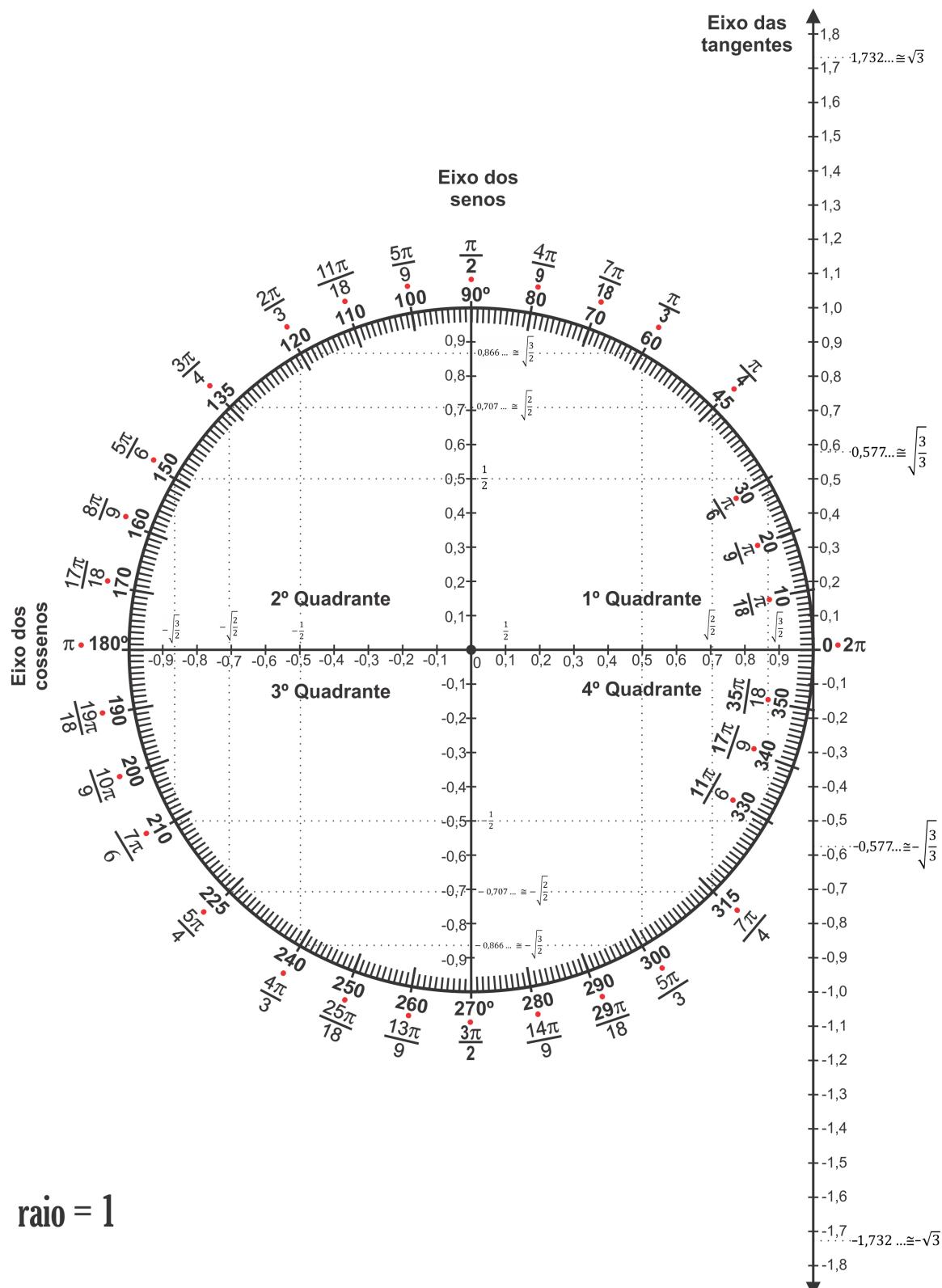


3 – Cada sentença apresenta resultados para o seno de um ângulo desconhecido x. Usando o círculo trigonométrico, encontre valores de x, que satisfaçam as sentenças:

- a) $\sin x = 0,77$
- c) $\sin x = 0,50$
- b) $\sin x = -0,34$
- d) $\sin x = 0,80$

4 – Cada sentença apresenta resultados para o cosseno de um ângulo desconhecido x. Usando o círculo trigonométrico, encontre valores de x, que satisfaçam as sentenças:

- a) $\cos x = 0,77$ c) $\cos x = 0,50$
 b) $\cos x = -0,34$ d) $\cos x = 0,80$

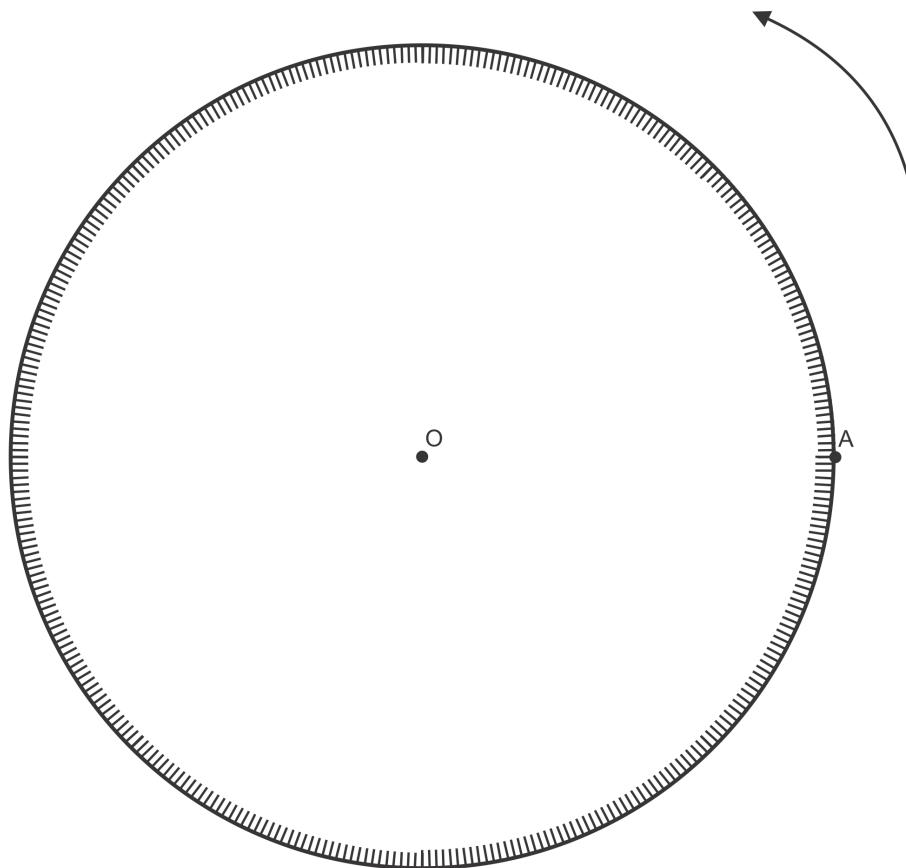


C.5 Atividade 3: Interfaces Físicas do Player Tangível

Esta seção apresenta as interfaces trocáveis do objeto tangível de modo que cada interface corresponde a um exercício distinto.

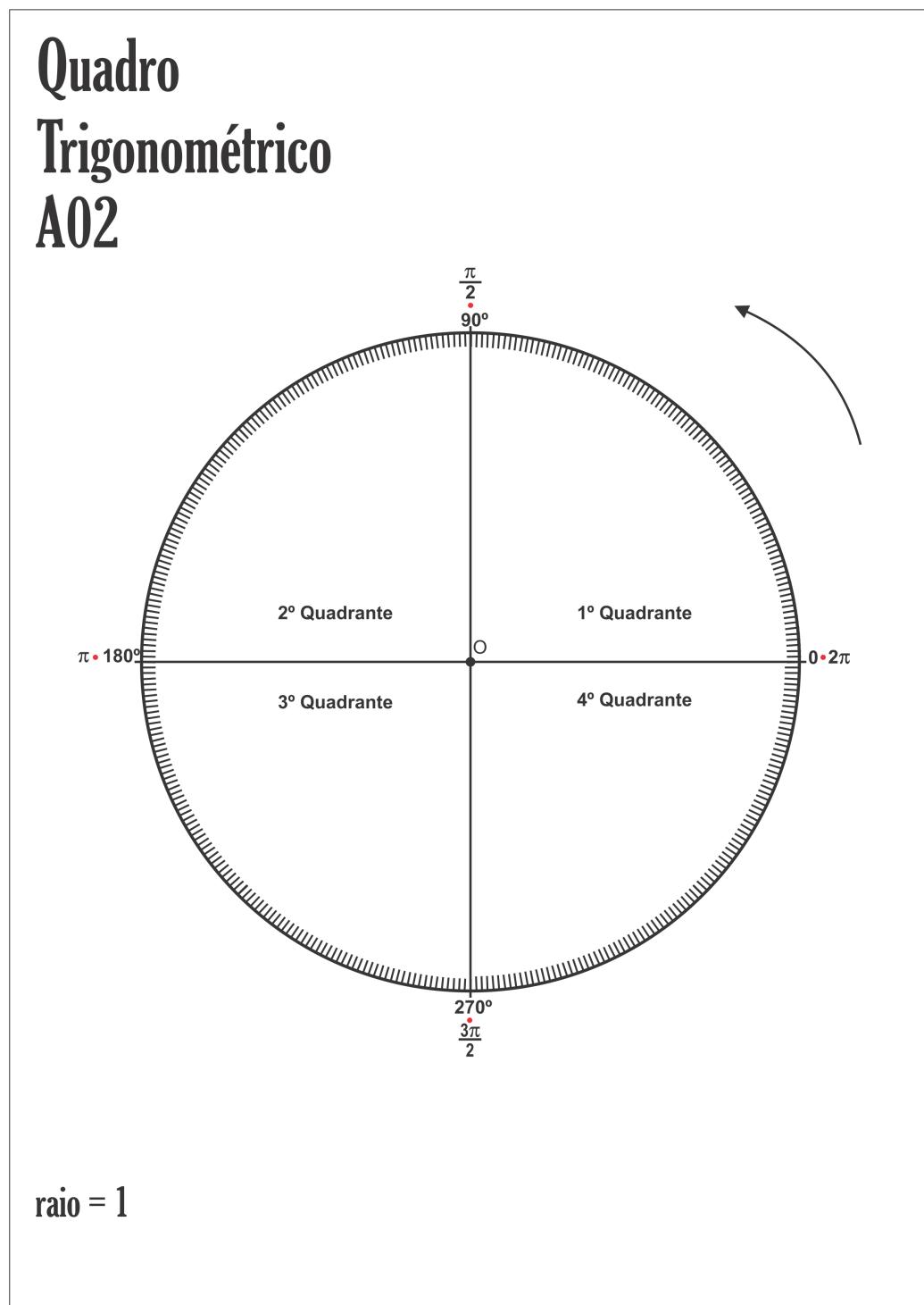
C.5.1 Interface Física A01

Quadro Trigonométrico A01



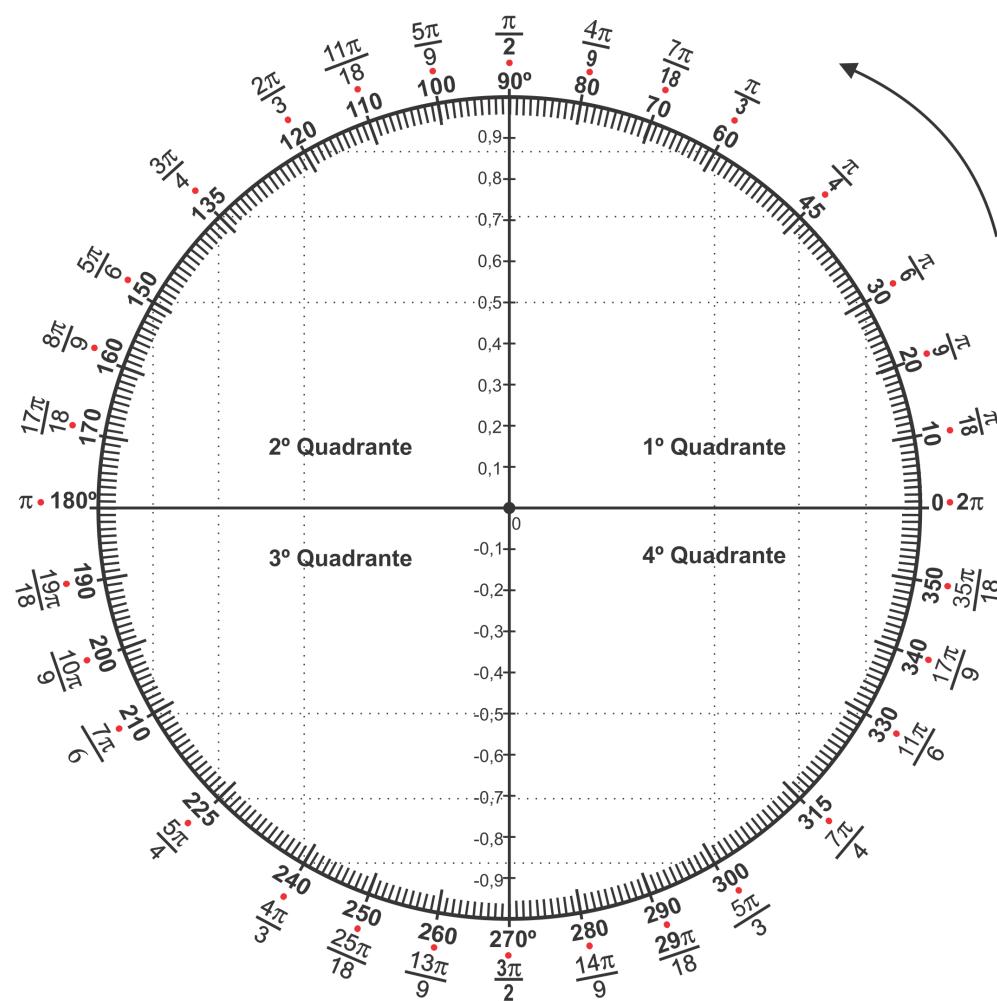
$$\text{raio} = 1$$

C.5.2 Interface Física A02



C.5.3 Interface Física A03

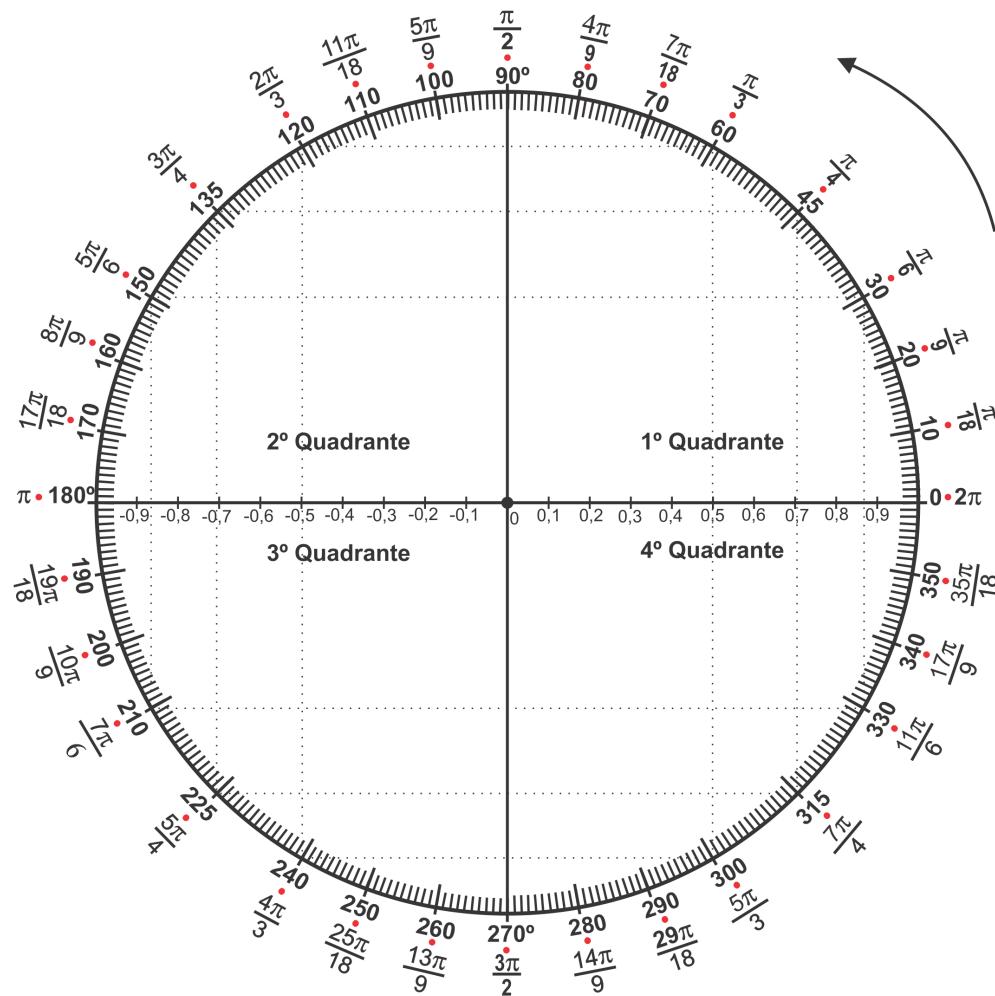
Quadro Trigonométrico A03



$$\text{raio} = 1$$

C.5.4 Interface Física A04

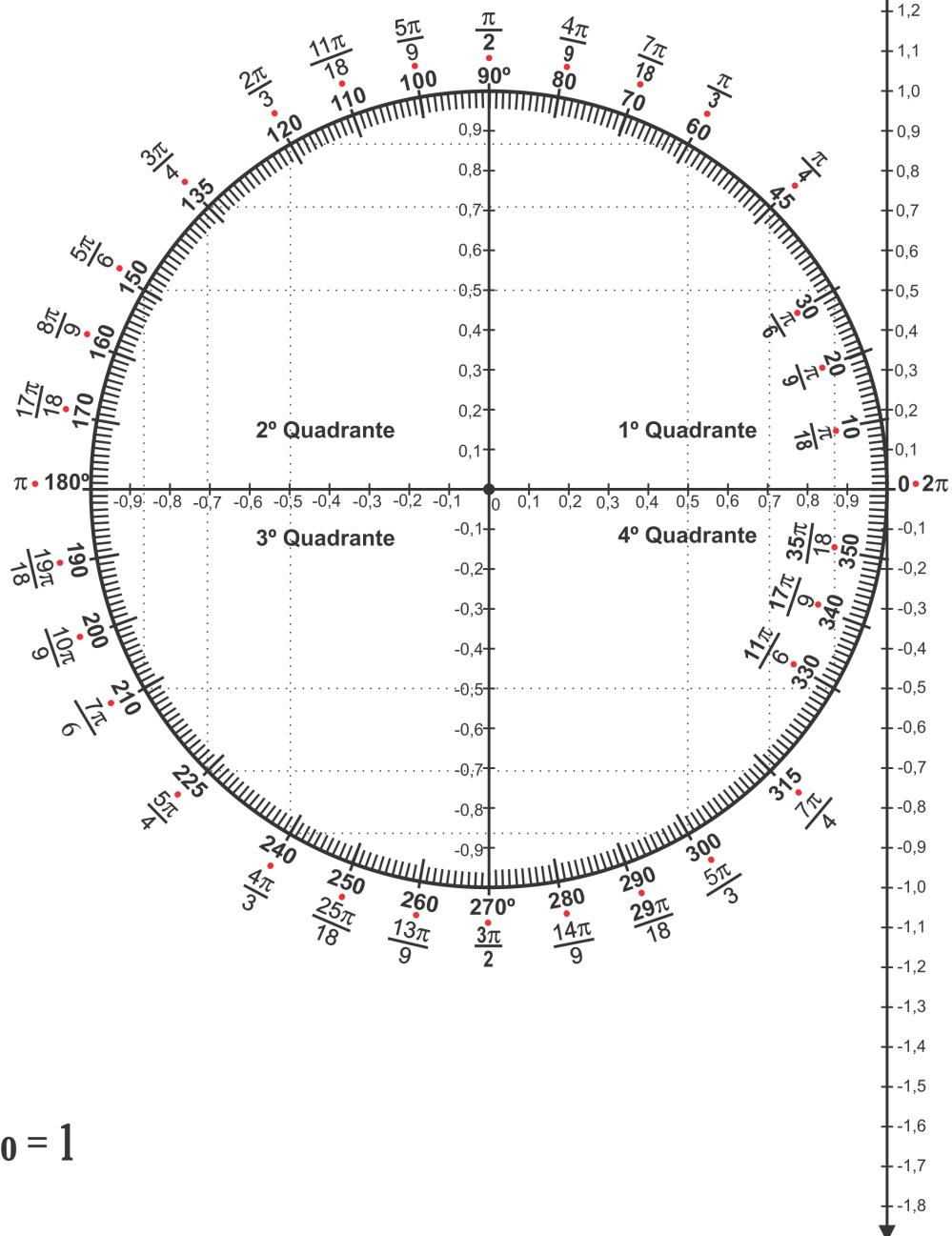
Quadro Trigonométrico A04



$$\text{raio} = 1$$

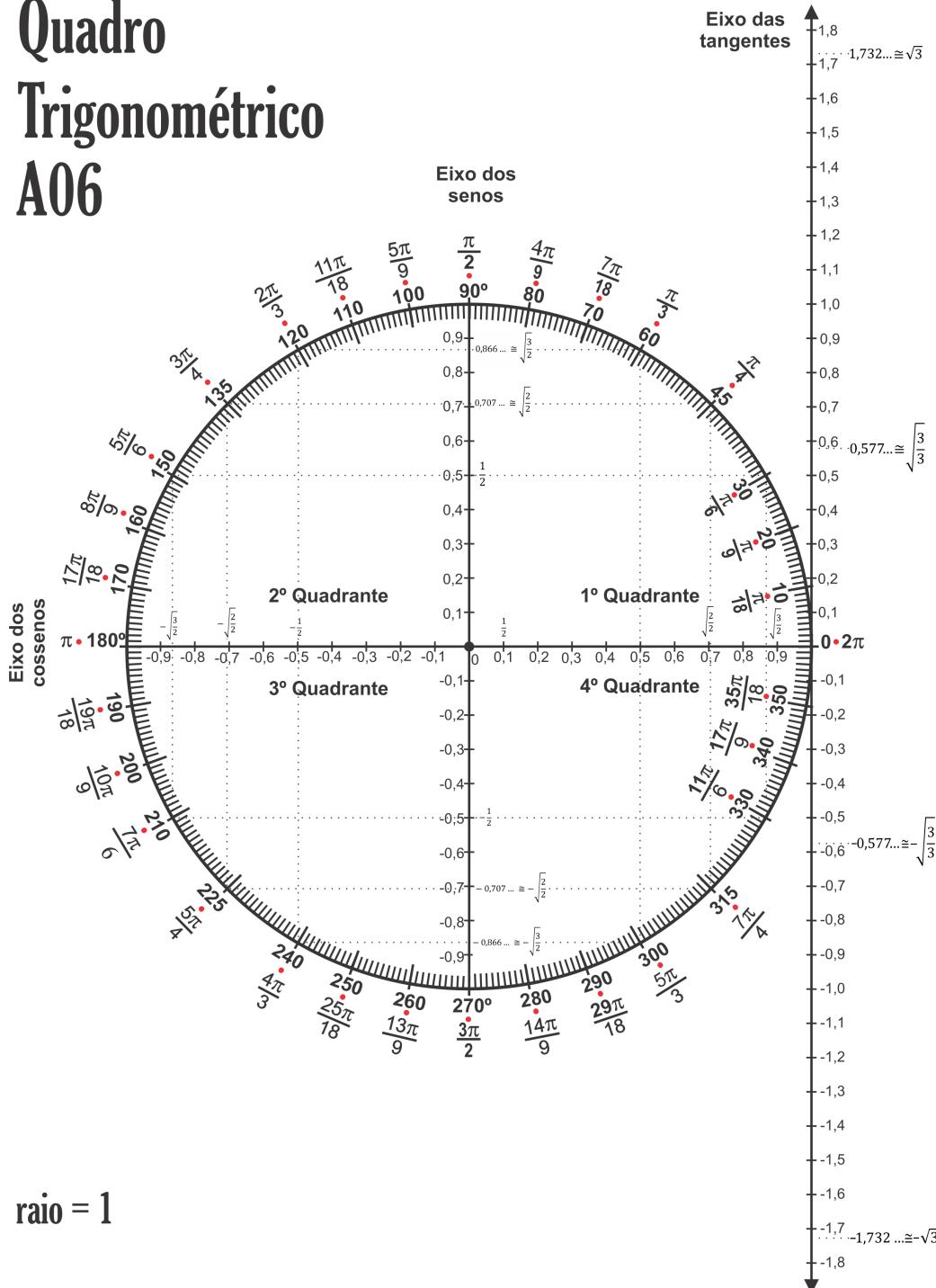
C.5.5 Interface Física A05

Quadro Trigonométrico A05



C.5.6 Interface Física A06

Quadro Trigonométrico A06

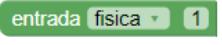
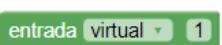
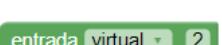


Apêndice D

OTA - Exercício 1

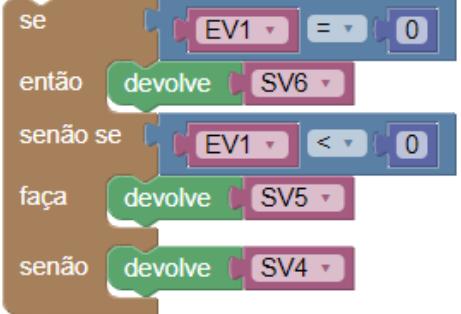
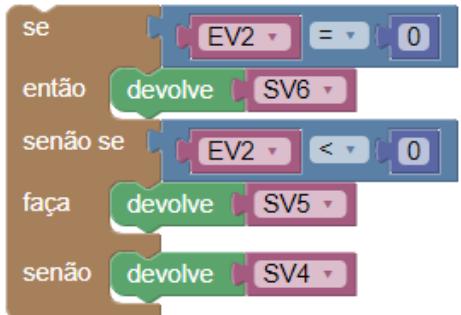
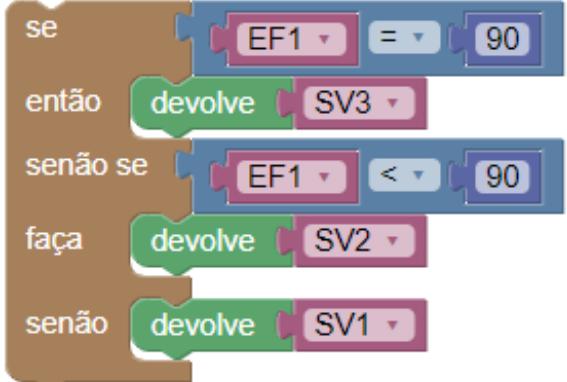
ASPECTOS EDUCACIONAIS	
NOME	Quadro Trigonométrico - Quadrantes
Descrição Geral	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, os valores dos quadrantes do círculo trigonométrico.
TÓPICOS	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, graus, radianos
Descrição Educacional	No Player Virtual, o estudante deve escolher o item a ser estudado (início ou fim de um quadrante) e, então, deve manipular o ponteiro do Player Físico de modo a indicar a posição (ângulo) em que o quadrante começa ou termina (de acordo com o item escolhido). Para cada movimentação do ponteiro físico, o ponteiro virtual é movimentado e, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores do ângulo em graus e em radianos. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é um limite de quadrante, ou insira um valor incorreto, o Player Virtual deverá retornar uma informação que o ajude a corrigir os valores ou posições. Este objeto deve usar a Face A01 do OFVA Quadro Trigonométrico (com círculo trigonométrico sem posições/valores de ângulos/quadrantes definidos).
MODO	ESTUDO
DISPOSITIVOS	
Continua na próxima página	

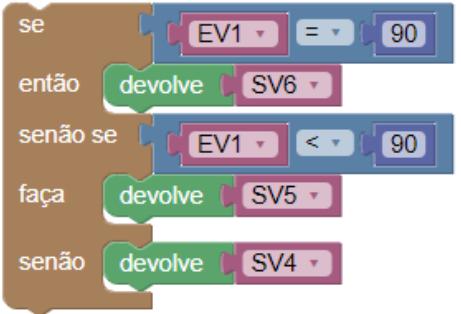
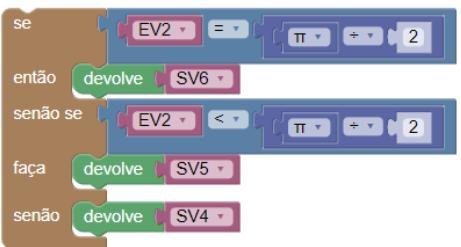
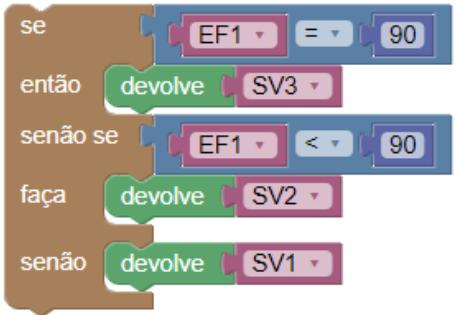
continuação da página anterior	
ITENS	32 sensores de efeito hall; 1 Teclado membrana matricial; .hex e .ino em Arduíno
RECURSOS	
RECURSOS FÍSICOS	dd
RECURSOS DIGITAIS	Player Virtual
SERVIÇOS	
ITENS	Iniciar atividade (botão), Leitura de hipertexto, Envio de resposta física (formato: websocket + json + botão físico), Envio de resposta digital (html tracking), Confirmação de resposta (visualização de respostas dadas), Feedback (modo estudo), Encerrar atividade (botão)

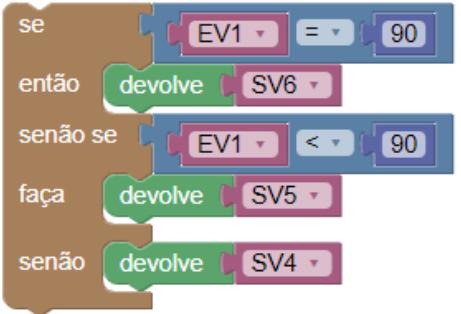
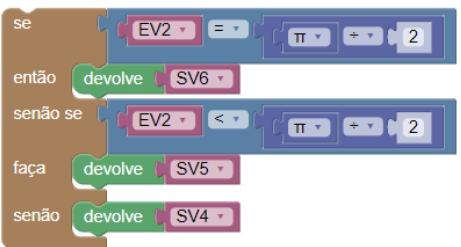
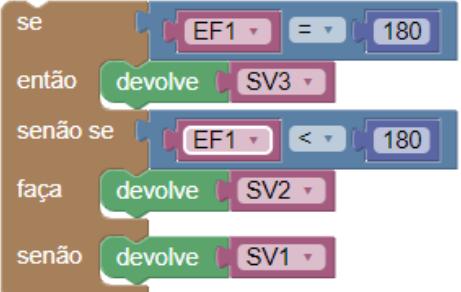
ENTRADAS E SAÍDAS							
CONJUNTO DE ENTRADAS							
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript		
1	Físico	EF1	inteiro		var EF1;		
2	Virtual	EV1	inteiro		var EV1;		
3	Virtual	EV2	ponto flutuante		var EV2;		
CONJUNTO DE SAÍDAS							
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO			
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário			
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário			
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!			
4	Virtual	SV4	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser menor			
5	Virtual	SV5	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser maior			
6	Virtual	SV6	String	Todos os valores estão corretos!			
BLOCOS							
Continua na próxima página							

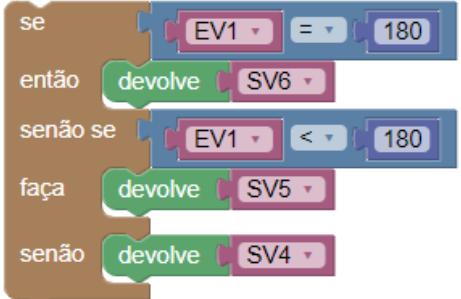
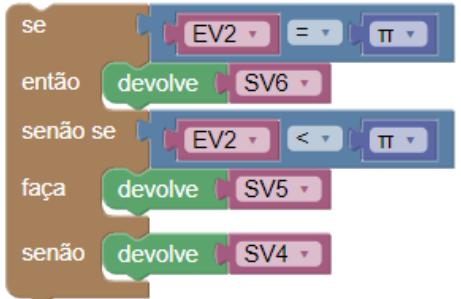
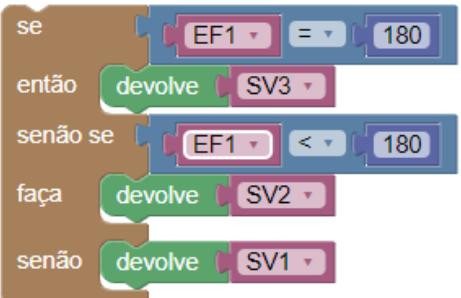
continuação da página anterior
<p>saída virtual 1 Mova o ponteiro no sentido horário!</p> <p>saída virtual 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário!</p> <p>saída virtual 3 Posição está correta!</p> <p>saída virtual 4 Ao menos um dos valores informados deveria ser m...</p> <p>saída virtual 5 Ao menos um dos valores informados deveria ser m...</p> <p>saída virtual 6 Todos os valores estão corretos!</p>
JavaScript gerado
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser menor"; var SV5 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser maior"; var SV6 = "Todos os valores estão corretos!";</pre>

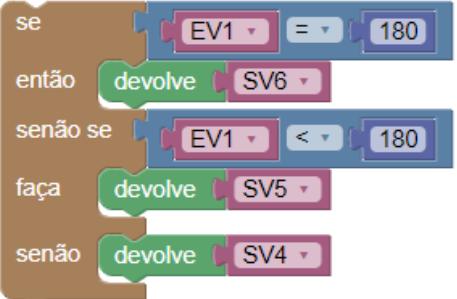
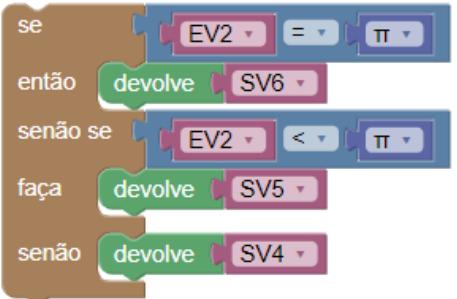
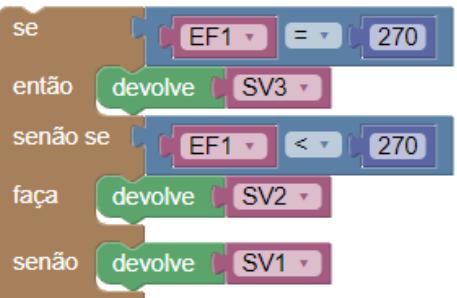
CASOS DE TESTE	
CASO DE TESTE 1	
Rótulo:	INÍCIO
Situação-problema (Enunciado):	Indique o início do primeiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
<pre>if((EF1 == 0)){ return SV3; } else if ((EF1 < 0)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>	
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
	Continua na próxima página

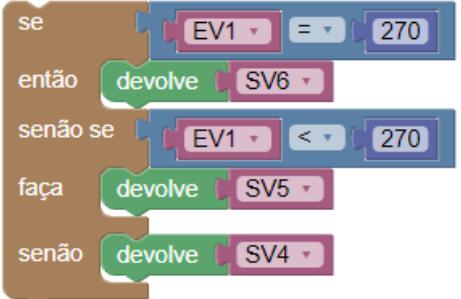
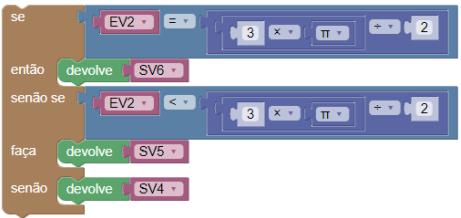
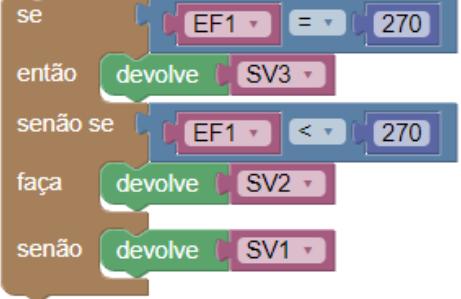
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 0)){ return SV6; } else if ((EV1 < 0)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EV2 == 0)){ return SV6; } else if ((EV2 < 0)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 2	
Rótulo: <input type="text" value="FIM"/>	FIM
Situação-problema (Enunciado): <p>Indique o fim do primeiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.</p>	
REGRA 1	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EF1 == 90)){ return SV3; } else if ((EF1 < 90)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

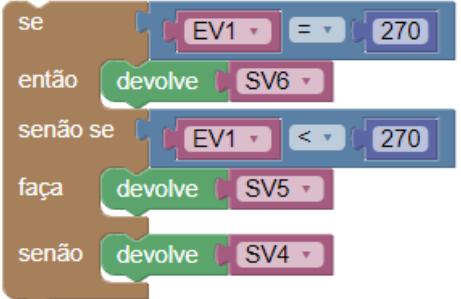
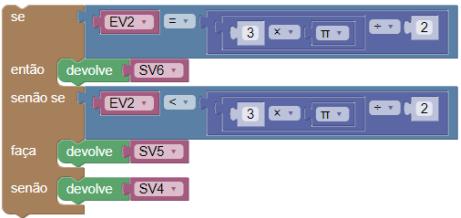
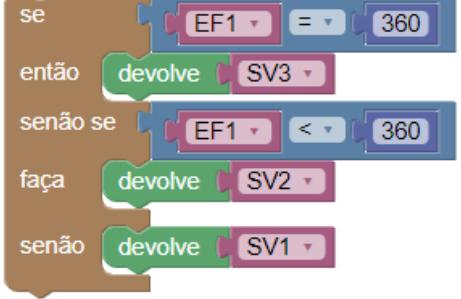
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 90)){ return SV6; } else if ((EV1 < 90)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI / 2)){ return SV6; } else if ((EV2 < Math.PI / 2)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 3	
Rótulo:	INÍCIO
Situação-problema (Enunciado):	Indique o início do segundo quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 90)){ return SV3; } else if ((EF1 < 90)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

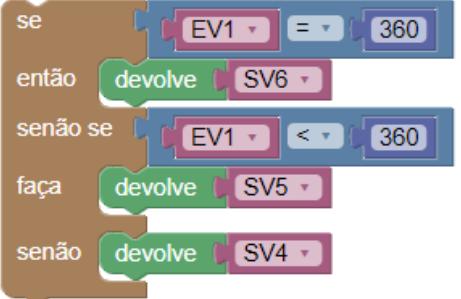
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 90)){ return SV6; } else if ((EV1 < 90)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI / 2)){ return SV6; } else if ((EV2 < Math.PI / 2)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 4	
Rótulo:	FIM
Situação-problema (Enunciado):	Indique o fim do segundo quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 180)){ return SV3; } else if ((EF1 < 180)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 180)){ return SV6; } else if ((EV1 < 180)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI)){ return SV6; } else if ((EV2 < Math.PI)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 5	
Rótulo:	INÍCIO
Situação-problema (Enunciado):	Indique o início do terceiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 180)){ return SV3; } else if ((EF1 < 180)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 180)){ return SV6; } else if ((EV1 < 180)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI)){ return SV6; } else if ((EV2 < Math.PI)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 6	
Rótulo:	FIM
Situação-problema (Enunciado):	Indique o fim do terceiro quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 270)){ return SV3; } else if ((EF1 < 270)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 270)){ return SV6; } else if ((EV1 < 270)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (3 * Math.PI) / 2)){ return SV6; } else if ((EV2 < (3 * Math.PI) / 2)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 7	
Rótulo:	INÍCIO
Situação-problema (Enunciado):	Indique o início do quarto quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 270)){ return SV3; } else if ((EF1 < 270)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 270)){ return SV6; } else if ((EV1 < 270)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (3 * Math.PI) / 2)){ return SV6; } else if ((EV2 < (3 * Math.PI) / 2)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 8	
Rótulo:	FIM
Situação-problema (Enunciado):	Indique o fim do quarto quadrante e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 360)){ return SV3; } else if ((EF1 < 360)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
 <pre> se [EV1 = 360] então devolve [SV6] senão se [EV1 < 360] faça devolve [SV5] senão devolve [SV4] </pre>	<pre> if((EV1 == 360)){ return SV6; } else if ((EV1 < 360)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>

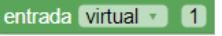
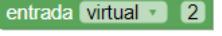
AGRUPAR CASOS DE TESTE?	SIM
ID GRUPO	1
RÓTULO	QUADRANTE 1
AGRUPAMENTO	{1,2}
ID GRUPO	2
RÓTULO	QUADRANTE 2
AGRUPAMENTO	{3,4}
ID GRUPO	3
RÓTULO	QUADRANTE 3
AGRUPAMENTO	{5,6}
ID GRUPO	4
RÓTULO	QUADRANTE 4
AGRUPAMENTO	{7,8}

Apêndice E

OTA - Exercício 2

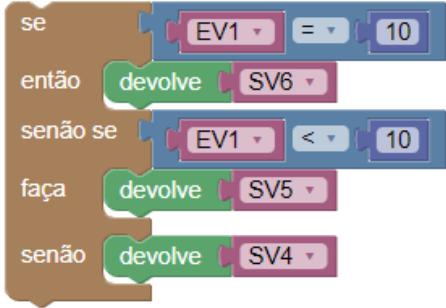
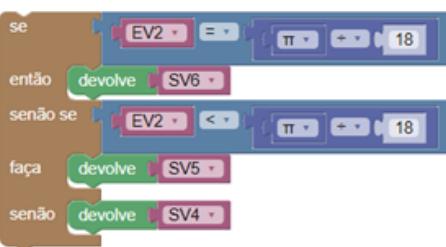
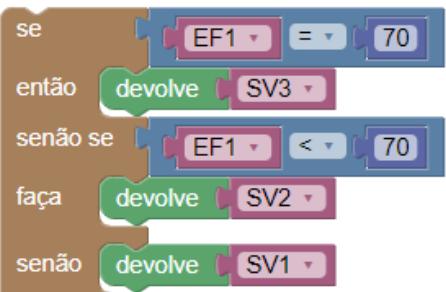
ASPECTOS EDUCACIONAIS	
NOME	Quadro Trigonométrico - Ângulos
DESCRIÇÃO GERAL	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, valores e posições dos ângulos no círculo trigonométrico.
TÓPICOS	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, graus, radianos
DESCRIÇÃO EDUCACIONAL	No Player Virtual, o estudante deve escolher o ângulo que irá estudar e, então, deve manipular o ponteiro do objeto físico (Player Físico) de modo a indicar a posição deste ângulo. O ponteiro virtual é movimentado a partir da manipulação do ponteiro físico e, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores do ângulo em graus e em radianos. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é a posição correta, ou insira um valor incorreto, o Player Virtual deverá retornar uma informação que ajude o estudante a corrigir os valores ou posições. Este objeto utiliza a Face A02 do OFVA Quadro Trigonométrico.
MODO	ESTUDO
DISPOSITIVOS	
ITENS	32 sensores de efeito hall; 1 imã de neodímio; ESP-WROOM-32; 1 Teclado membrana matricial; 1 Display LCD, Interface Wifi
RECURSOS	
Continua na próxima página	

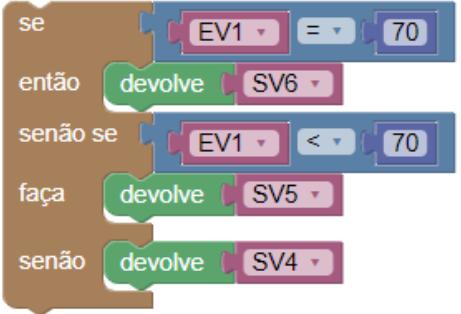
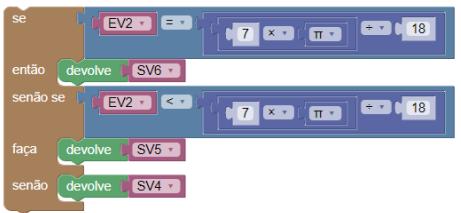
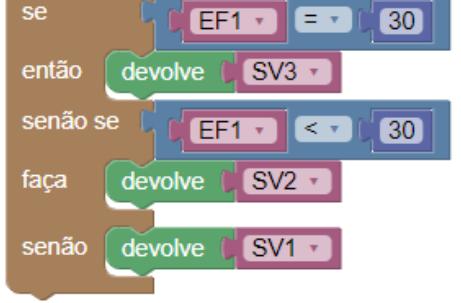
continuação da página anterior	
RECURSOS FÍSICOS	.hex e .ino em Arduíno, Ponteiro físico, Face A02 com círculo trigonométrico apenas com valores de ângulos estudados em A01.
RECURSOS DIGITAIS	Player Virtual
SERVIÇOS	
ITENS	Iniciar atividade (botão), Leitura de hipertexto, Envio de resposta física (formato: websocket + json + botão físico), Envio de resposta digital (html tracking), Confirmação de resposta (visualização de respostas dadas), Feedback (modo estudo), Encerrar atividade (botão)

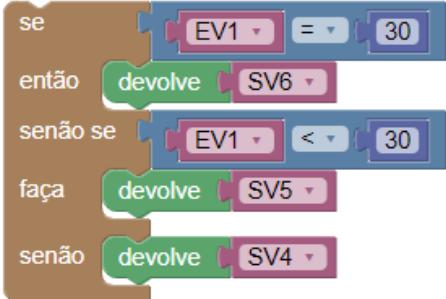
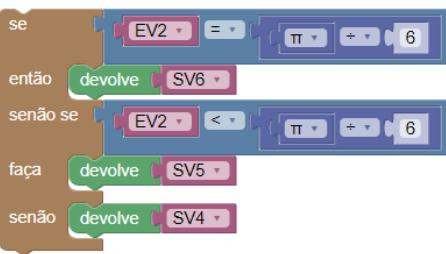
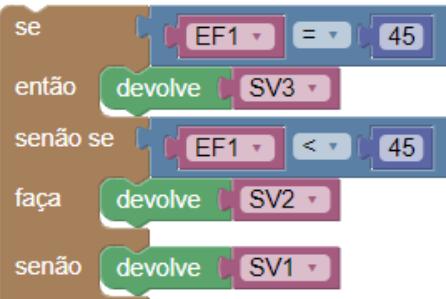
ENTRADAS E SAÍDAS					
CONJUNTO DE ENTRADAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript
1	Físico	EF1	inteiro	 1	var EF1;
2	Virtual	EV1	inteiro	 1	var EV1;
3	Virtual	EV2	ponto flutuante	 2	var EV2;
CONJUNTO DE SAÍDAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO	
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário	
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário	
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!	
4	Virtual	SV4	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser menor	
5	Virtual	SV5	String	Ao menos um dos valores informados deveria ser maior	
6	Virtual	SV6	String	Todos os valores estão corretos!	
BLOCOS					
Continua na próxima página					

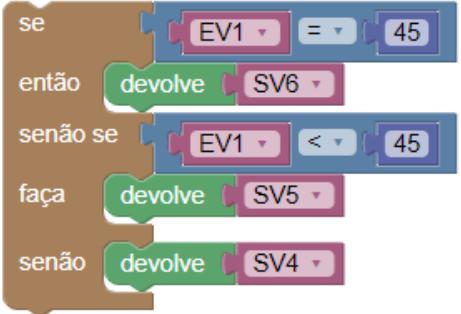
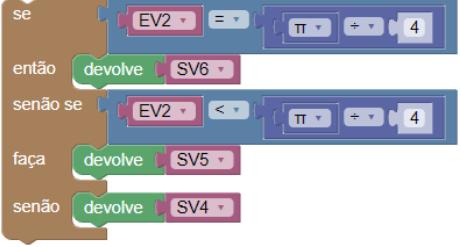
continuação da página anterior
<p>saída virtual ▾ 1 Mova o ponteiro no sentido horário!</p> <p>saída virtual ▾ 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário!</p> <p>saída virtual ▾ 3 Posição está correta!</p> <p>saída virtual ▾ 4 Ao menos um dos valores informados deveria ser m...</p> <p>saída virtual ▾ 5 Ao menos um dos valores informados deveria ser m...</p> <p>saída virtual ▾ 6 Todos os valores estão corretos!</p>
JavaScript gerado
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser menor"; var SV5 = "Ao menos um dos valores informados deveria ser maior"; var SV6 = "Todos os valores estão corretos!";</pre>

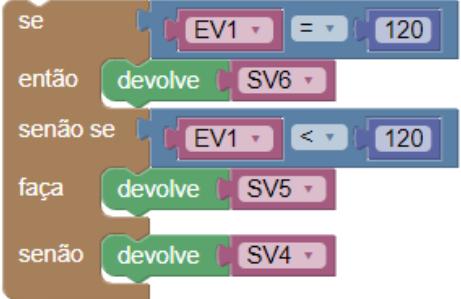
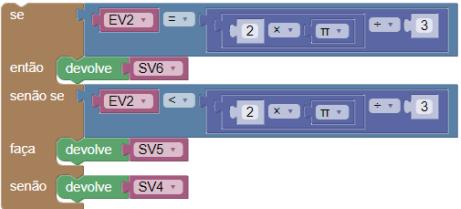
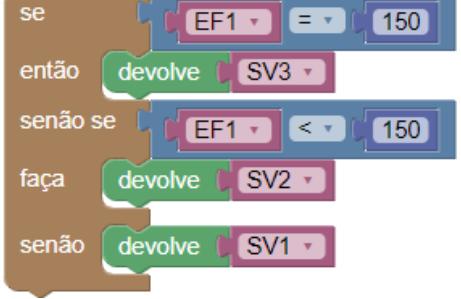
CASOS DE TESTE	
CASO DE TESTE 1	
Rótulo:	Dez
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
<pre>if((EF1 == 10)){ return SV3; } else if ((EF1 <10)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>	
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
	Continua na próxima página

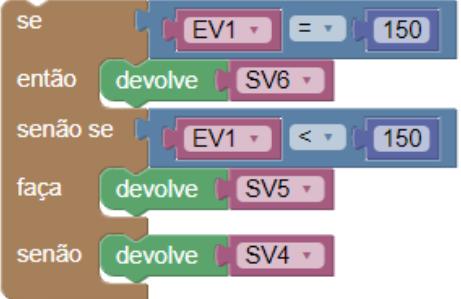
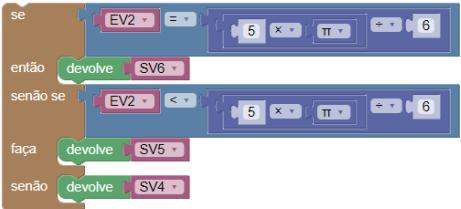
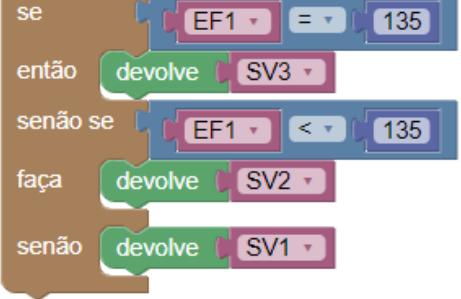
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 10)){ return SV6; } else if ((EV1 <10)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI / 18)){ return SV6; } else if ((EV2 <Math.PI / 18)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 2	
Rótulo:	Setenta
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 70)){ return SV3; } else if ((EF1 <70)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

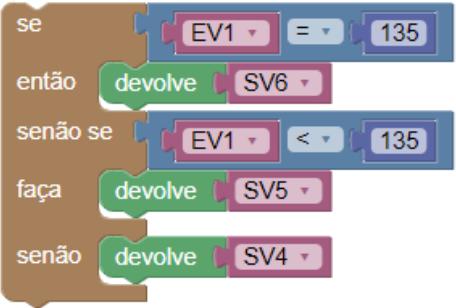
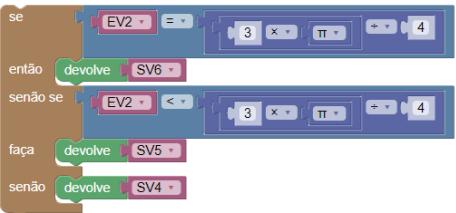
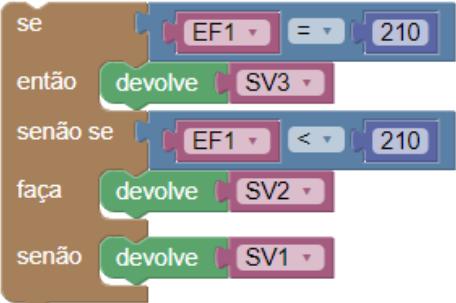
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 70)){ return SV6; } else if ((EV1 <70)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (7 * Math.PI) / 18)){ return SV6; } else if ((EV2 <(7 * Math.PI) / 18)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 3	
Rótulo:	Trinta
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 30)){ return SV3; } else if ((EF1 <30)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

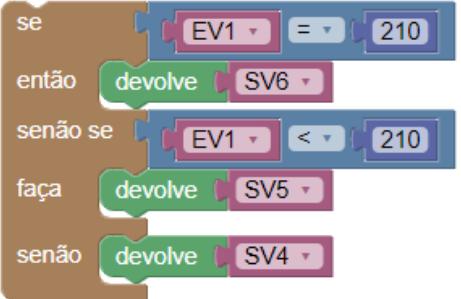
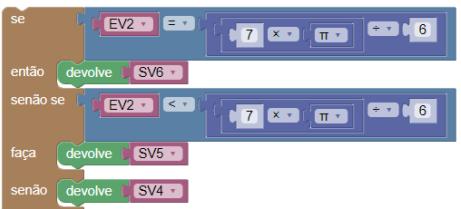
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 30)){ return SV6; } else if ((EV1 <30)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI / 6)){ return SV6; } else if ((EV2 <Math.PI / 6)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 4	
Rótulo:	$\frac{\pi}{4}$
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 45)){ return SV3; } else if ((EF1 <45)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

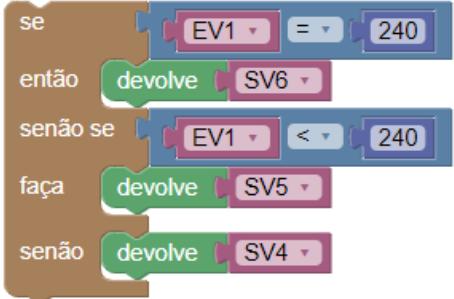
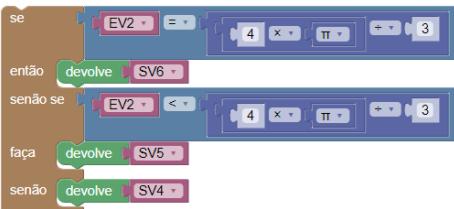
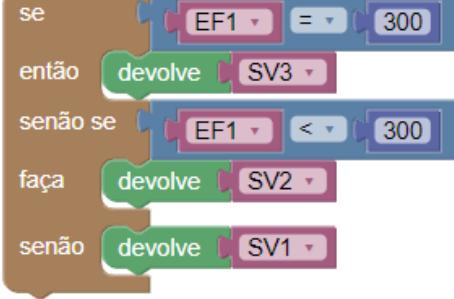
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 45)){ return SV6; } else if ((EV1 <45)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == Math.PI / 4)){ return SV6; } else if ((EV2 <Math.PI / 4)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 5	
Rótulo:	120
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 120)){ return SV3; } else if ((EF1 <120)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

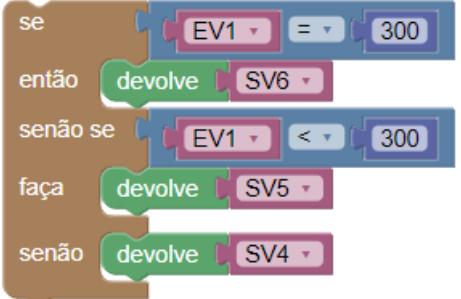
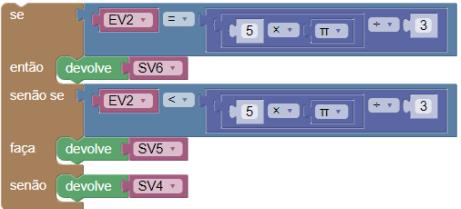
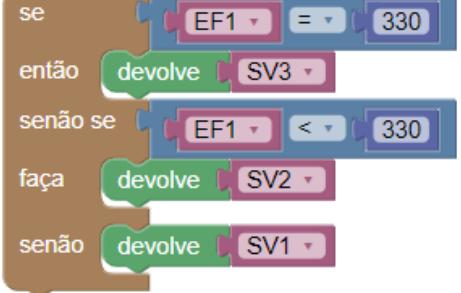
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 120)){ return SV6; } else if ((EV1 < 120)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (2 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 <(2 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 6	
Rótulo:	150
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 150)){ return SV3; } else if ((EF1 < 150)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

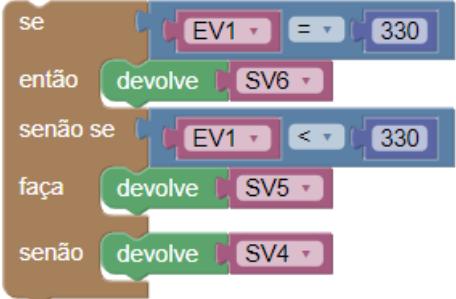
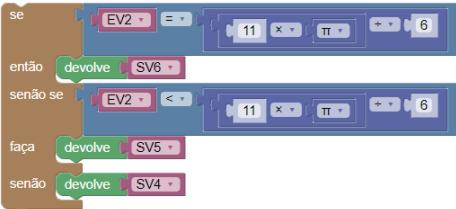
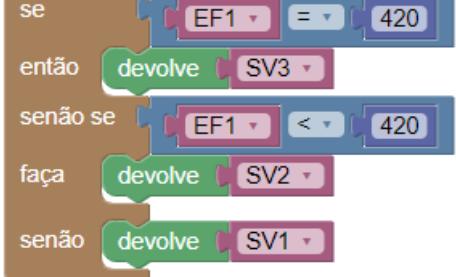
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 150)){ return SV6; } else if ((EV1 < 150)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EV2 == (5 * Math.PI) / 6)){ return SV6; } else if ((EV2 < (5 * Math.PI) / 6)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 7	
Rótulo: $\frac{3\pi}{4}$	
Situação-problema (Enunciado): Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.	
REGRA 1	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EF1 == 135)){ return SV3; } else if ((EF1 < 135)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

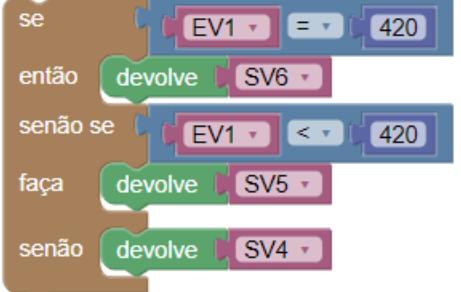
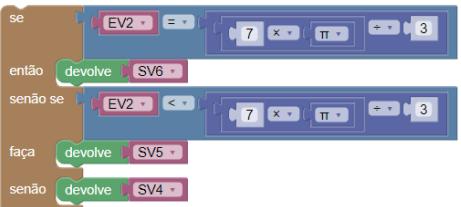
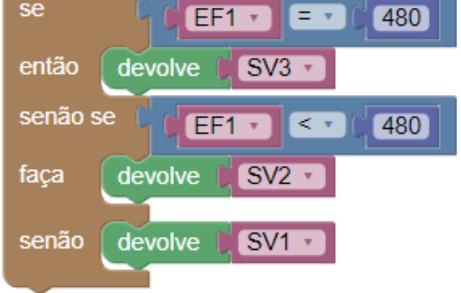
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 135)){ return SV6; } else if ((EV1 < 135)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (3 * Math.PI) / 4)){ return SV6; } else if ((EV2 < (3 * Math.PI) / 4)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 8	
Rótulo:	$\frac{7\pi}{6}$
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 210)){ return SV3; } else if ((EF1 < 210)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

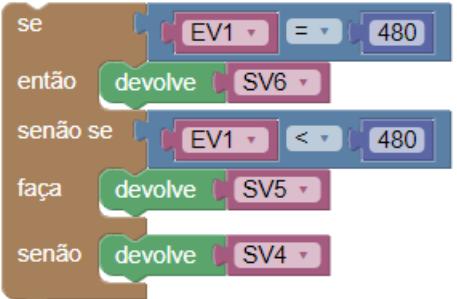
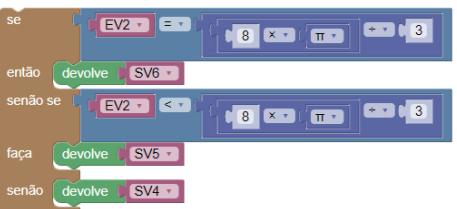
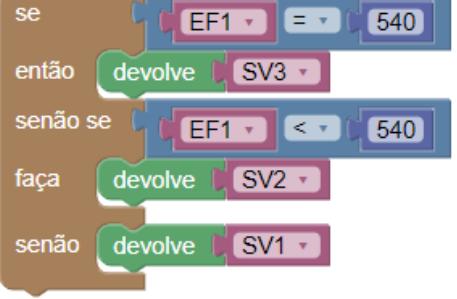
continuação da página anterior	
 <pre> se [EV1 = 210] então devolve [SV6] senão se [EV1 < 210] faça devolve [SV5] senão devolve [SV4] </pre>	<pre> if((EV1 == 210)){ return SV6; } else if ((EV1 < 210)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
 <pre> se [EV2 = (7 * π) / 6] então devolve [SV6] senão se [EV2 < (7 * π) / 6] faça devolve [SV5] senão devolve [SV4] </pre>	<pre> if((EV2 == (7 * Math.PI) / 6)){ return SV6; } else if ((EV2 < (7 * Math.PI) / 6)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
CASO DE TESTE 9	
Rótulo:	240
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
 <pre> se [EF1 = 240] então devolve [SV3] senão se [EF1 < 240] faça devolve [SV2] senão devolve [SV1] </pre>	<pre> if((EF1 == 240)){ return SV3; } else if ((EF1 < 240)){ return SV2; } else { return SV1; } </pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

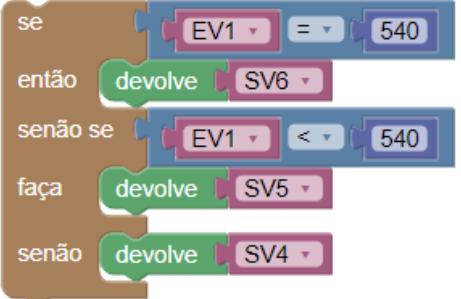
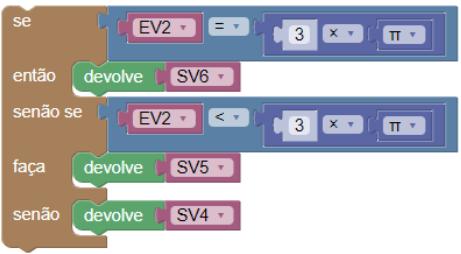
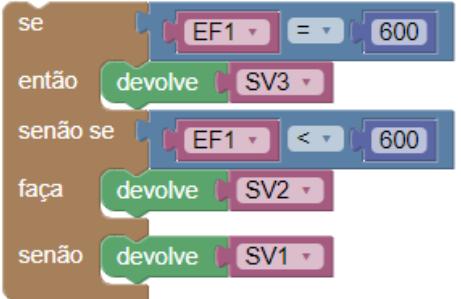
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 240)){ return SV6; } else if ((EV1 < 240)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (4 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 < (4 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 10	
Rótulo:	$\frac{5\pi}{3}$
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 300)){ return SV3; } else if ((EF1 < 300)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

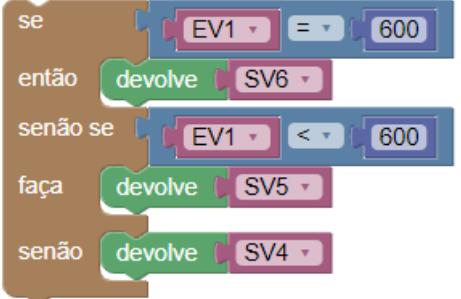
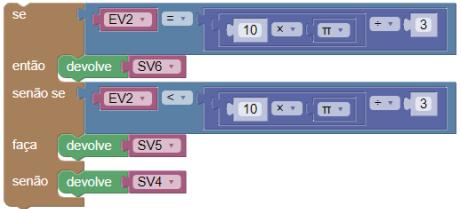
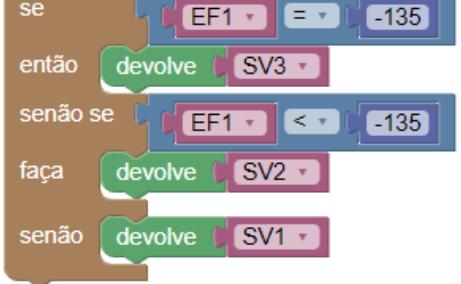
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 300)){ return SV6; } else if ((EV1 < 300)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (5 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 < (5 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 11	
Rótulo:	330
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 330)){ return SV3; } else if ((EF1 < 330)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

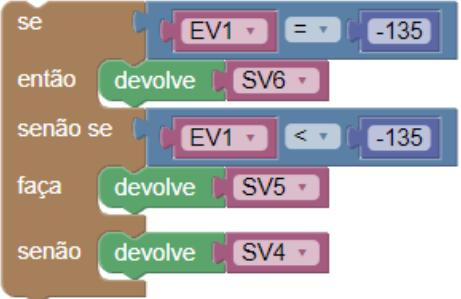
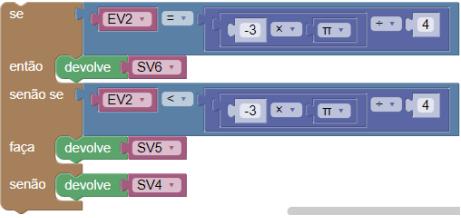
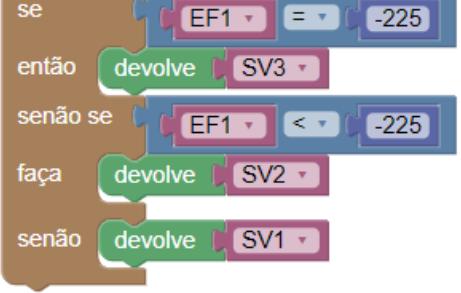
continuação da página anterior	
 <pre> se [EV1 = 330] então [devolve SV6] senão se [EV1 < 330] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV1 == 330)){ return SV6; } else if ((EV1 < 330)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
REGRA 3	
Blocos  <pre> se [EV2 = (11 * π / 6)] então [devolve SV6] senão se [EV2 < (11 * π / 6)] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV2 == (11 * Math.PI) / 6)){ return SV6; } else if ((EV2 < (11 * Math.PI) / 6)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
CASO DE TESTE 12	
Rótulo: 420	
Situação-problema (Enunciado): Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.	
REGRA 1	
Blocos  <pre> se [EF1 = 420] então [devolve SV3] senão se [EF1 < 420] faça [devolve SV2] senão [devolve SV1] </pre>	<pre> if((EF1 == 420)){ return SV3; } else if ((EF1 < 420)){ return SV2; } else { return SV1; } </pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

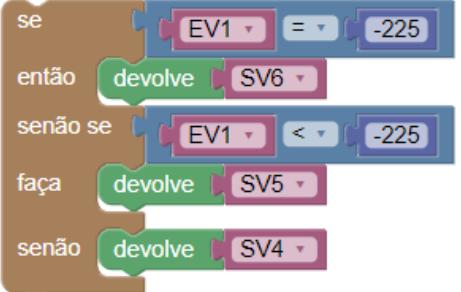
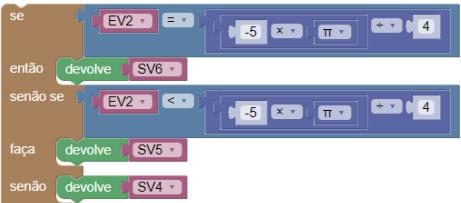
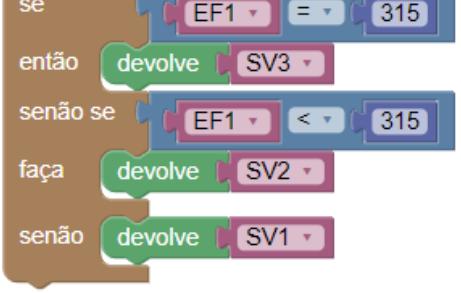
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 420)){ return SV6; } else if ((EV1 < 420)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (7 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 < (7 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 13	
Rótulo:	480
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 480)){ return SV3; } else if ((EF1 < 480)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

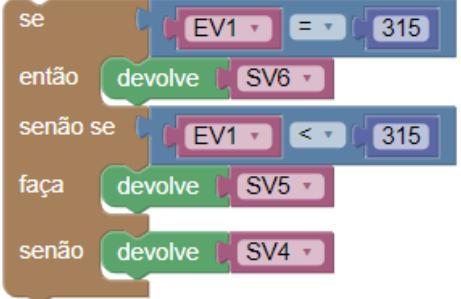
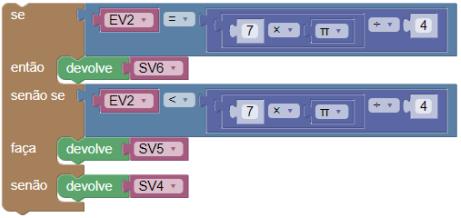
continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 480)){ return SV6; } else if ((EV1 < 480)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (8 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 < (8 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 14	
Rótulo:	540
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 540)){ return SV3; } else if ((EF1 < 540)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == 540)){ return SV6; } else if ((EV1 < 540)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EV2 == 3 * Math.PI)){ return SV6; } else if ((EV2 < 3 * Math.PI)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 15	
Rótulo: 600	
Situação-problema (Enunciado): Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.	
REGRA 1	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EF1 == 600)){ return SV3; } else if ((EF1 < 600)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
 <pre> se [EV1 = 600] então [devolve SV6] senão se [EV1 < 600] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV1 == 600)){ return SV6; } else if ((EV1 < 600)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
REGRA 3	
Blocos  <pre> se [EV2 = (10 * pi / 3)] então [devolve SV6] senão se [EV2 < (10 * pi / 3)] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV2 == (10 * Math.PI) / 3)){ return SV6; } else if ((EV2 < (10 * Math.PI) / 3)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
CASO DE TESTE 16	
Rótulo: -135	
Situação-problema (Enunciado): Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.	
REGRA 1	
Blocos  <pre> se [EF1 = -135] então [devolve SV3] senão se [EF1 < -135] faça [devolve SV2] senão [devolve SV1] </pre>	<pre> if((EF1 == -135)){ return SV3; } else if ((EF1 < -135)){ return SV2; } else { return SV1; } </pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == -135)){ return SV6; } else if ((EV1 < -135)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EV2 == (-3 * Math.PI) / 4)){ return SV6; } else if ((EV2 < (-3 * Math.PI) / 4)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 17	
Rótulo: -225	
Situação-problema (Enunciado): Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.	
REGRA 1	
Blocos 	JavaScript gerado <pre>if((EF1 == -225)){ return SV3; } else if ((EF1 < -225)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	<pre>if((EV1 == -225)){ return SV6; } else if ((EV1 < -225)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EV2 == (-5 * Math.PI) / 4)){ return SV6; } else if ((EV2 < (-5 * Math.PI) / 4)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>
CASO DE TESTE 18	
Rótulo:	$\frac{7\pi}{4}$
Situação-problema (Enunciado):	Indique o respectivo ângulo e informe seu valor em grau e radiano.
REGRA 1	
Blocos	JavaScript gerado
	<pre>if((EF1 == 315)){ return SV3; } else if ((EF1 < 315)){ return SV2; } else { return SV1; }</pre>
REGRA 2	
Blocos	JavaScript gerado
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
 <pre> se [EV1 = 315] então [devolve SV6] senão se [EV1 < 315] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV1 == 315)){ return SV6; } else if ((EV1 < 315)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>
REGRA 3	
Blocos	JavaScript gerado
 <pre> se [EV2 = (7 * PI / 4)] então [devolve SV6] senão se [EV2 < (7 * PI / 4)] faça [devolve SV5] senão [devolve SV4] </pre>	<pre> if((EV2 == (7 * Math.PI) / 4)){ return SV6; } else if ((EV2 < (7 * Math.PI) / 4)){ return SV5; } else { return SV4; } </pre>

Apêndice F

OTA - Exercício 3

ASPECTOS EDUCACIONAIS	
NOME	Quadro Trigonométrico - Seno
 DESCRIÇÃO GERAL	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, valores e posições dos ângulos no círculo trigonométrico relacionando-os aos valores de seno.
TÓPICOS	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, seno
 DESCRIÇÃO EDUCACIONAL	No Player Virtual, o estudante deve mover o ponteiro que indica o valor do ângulo e observar as variações que acontecem nos valores de seno e identificar os valores correspondentes. O ponteiro virtual é movimentado a partir da manipulação do ponteiro físico e, em alguns casos de teste, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores que satisfaçam as sentenças indicadas no enunciado. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é a posição correta, ou insira um valor incorreto, o Player Virtual deverá retornar uma informação que ajude o estudante a corrigir os valores ou posições. Este objeto utiliza a Face A03 do OFVA Quadro Trigonométrico.
MODO	ESTUDO
DISPOSITIVOS	
Continua na próxima página	

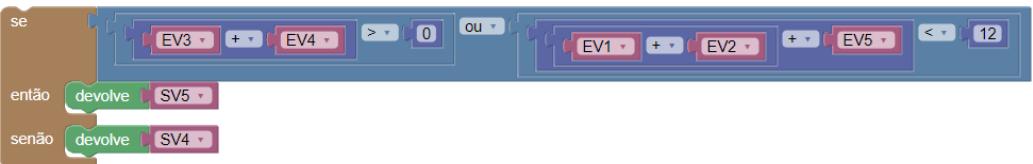
continuação da página anterior	
ITENS	32 sensores de efeito hall; 1 imã de neodímio; ESP-WROOM-32; 1 Teclado membrana matricial; 1 Display LCD, Interface Wifi
RECURSOS	
RECURSOS FÍSICOS	.hex e .ino em Arduíno, Ponteiro físico, Face A03 com círculo trigonométrico apenas com valores de ângulos estudados em A02 e reta com valores dos Senos.
RECURSOS DIGITAIS	Player Virtual
SERVIÇOS	
ITENS	Iniciar atividade (botão), Leitura de hipertexto, Envio de resposta física (formato: websocket + json + botão físico), Envio de resposta digital (html tracking), Confirmação de resposta (visualização de respostas dadas), Feedback (modo estudo), Encerrar atividade (botão)

ENTRADAS E SAÍDAS					
CONJUNTO DE ENTRADAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript
1	Físico	EF1	inteiro	<code>entrada física ▾ 1</code>	var EF1;
2	Virtual	EV1	inteiro	<code>entrada virtual ▾ 1</code>	var EV1;
3	Virtual	EV2	inteiro	<code>entrada virtual ▾ 2</code>	var EV2;
3	Virtual	EV3	inteiro	<code>entrada virtual ▾ 3</code>	var EV3;
3	Virtual	EV4	inteiro	<code>entrada virtual ▾ 4</code>	var EV4;
3	Virtual	EV5	inteiro	<code>entrada virtual ▾ 5</code>	var EV5;
CONJUNTO DE SAÍDAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO	
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário	
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário	
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!	
4	Virtual	SV4	String	Resposta está correta!	

Continua na próxima página

continuação da página anterior				
5	Virtual	SV5	String	Alguma das respostas precisa ser revista!
BLOCOS				
<p style="margin-left: 40px;">saída virtual ▾ 1 Mova o ponteiro no sentido horário!</p> <p style="margin-left: 40px;">saída virtual ▾ 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário!</p> <p style="margin-left: 40px;">saída virtual ▾ 3 Posição está correta!</p> <p style="margin-left: 40px;">saída virtual ▾ 4 Resposta está correta!</p> <p style="margin-left: 40px;">saída virtual ▾ 5 Alguma das respostas precisa ser revista!</p>				
JavaScript gerado				
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Resposta está correta!"; var SV5 = "Alguma das respostas precisa ser revista!";</pre>				

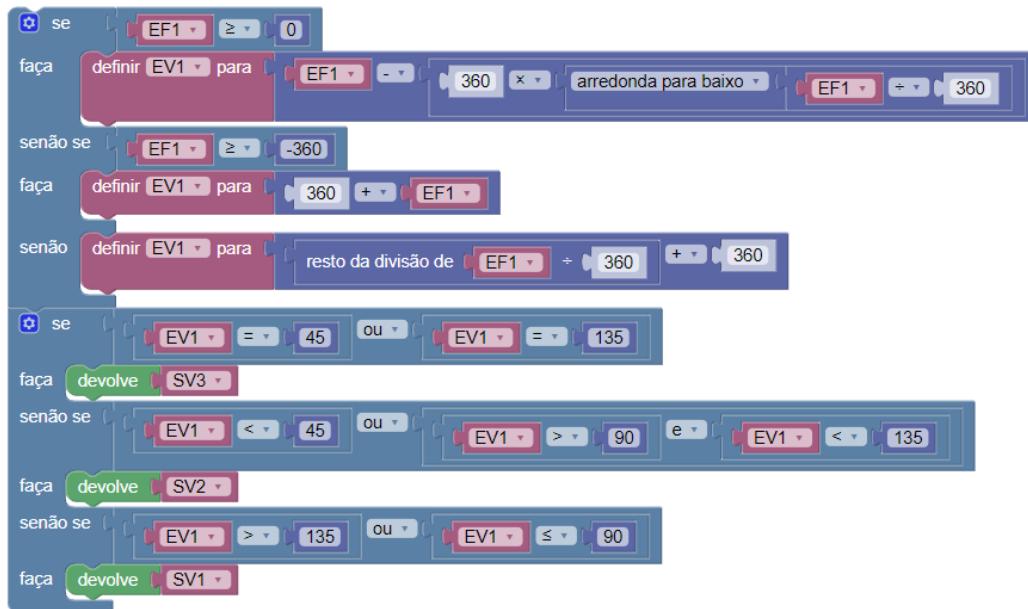
CASOS DE TESTE	
CASO DE TESTE 1	
Rótulo:	Observar ponteiro
Situação-problema (Enunciado):	<p>Movimente o ponteiro e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O ponteiro representa um ângulo em um círculo trigonométrico. [4] - À medida que o ângulo muda de valor, o seno também se altera. [4] - O ponteiro representa um seno do círculo trigonométrico que está associado a um ângulo. [2] - Os valores de ângulo e seno não tem qualquer relação entre si. [1]
REGRA 1	
Blocos	
<pre> se [EV3 < EV4] [0 > 0] ou [EV1 < EV2] [8 < 8] então [devolve SV5] senão [devolve SV4] end </pre>	
JavaScript gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
<pre>if ((EV3+EV4>0 EV1+EV2<8)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 2	
Rótulo:	Observar Seno
Situação-problema (Enunciado):	<p>Observe o que acontece como valor do seno, ao movimentar o ponteiro para aumentar ou diminuir o valor do ângulo, em cada quadrante, e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor do seno aumenta no 1º e no 4º quadrantes. [4] - O seno do 1º e 2º quadrantes é positivo. [4] - O seno do 1º e 4º quadrantes é negativo. [2] - O valor do seno diminui no 2º e aumenta no 3º quadrante. [2] - O seno do 3º e 4º quadrantes é negativo. [4]
REGRA 1	
Blocos	
 <pre>se [EV3 + EV4 > 0 EV1 + EV2 + EV5 < 12] then devolve SV5 else devolve SV4</pre>	
JavaScript gerado	
<pre>if ((EV3+EV4>0 EV1+EV2+EV5<12)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 3	
Rótulo:	$\sin x = \frac{1}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o seno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
	JavaScript gerado
	<pre> if (EF1 >= 0) { EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360); } else if (EF1 >= -360) { EV1 = 360 + EF1; } else { EV1 = EF1 % 360 + 360; } if (EV1 == 30 EV1 == 150) { return SV3; } else if (EV1 < 30 EV1 > 90 && EV1 < 150) { return SV2; } else if (EV1 > 150 EV1 <= 90) { return SV1; } </pre>
CASO DE TESTE 4	
Rótulo:	$\sin x = -0,3420\dots$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o seno de um ângulo desconhecido x . Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
JavaScript gerado	
<pre>if (EF1 >= 0) { EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360); } else if (EF1 >= -360) { EV1 = 360 + EF1; } else { EV1 = EF1 % 360 + 360; } if (EV1 == 200 EV1 == 340) { return SV3; } else if (EV1 < 200 EV1 > 270 && EV1 < 340) { return SV2; } else if (EV1 > 340 EV1 <= 270) { return SV1; }</pre>	
CASO DE TESTE 5	
Rótulo:	$\sin x = \frac{\sqrt{2}}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o seno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

if (EF1 >= 0) {
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
    EV1 = 360 + EF1;
} else {
    EV1 = EF1 % 360 + 360;
}
if (EV1 == 45 || EV1 == 135) {
    return SV3;
} else if (EV1 < 45 || EV1 > 90 && EV1 < 135) {
    return SV2;
} else if (EV1 > 135 || EV1 <= 90) {
    return SV1;
}
  
```

CASO DE TESTE 6

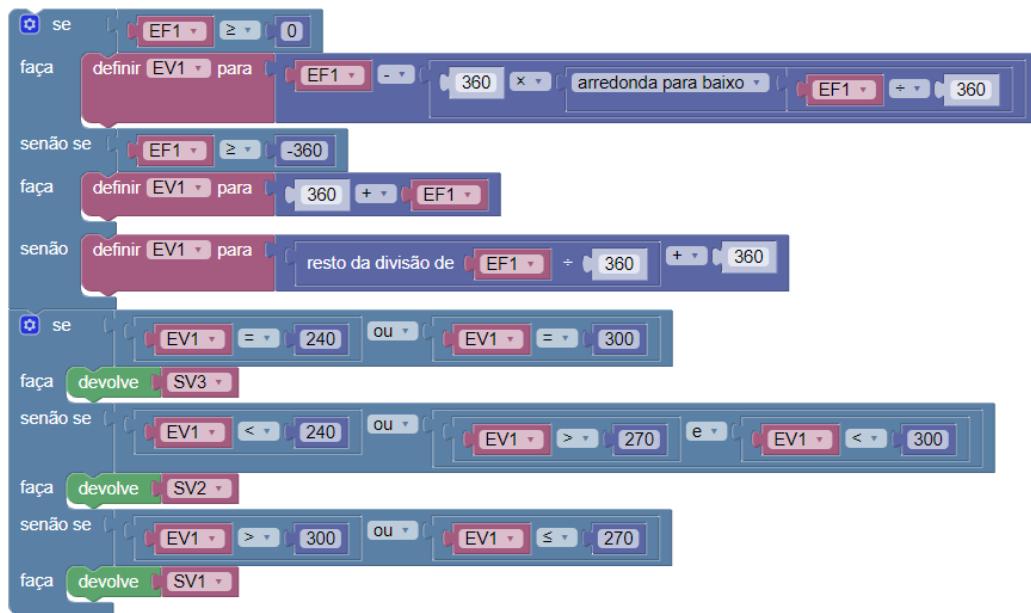
Rótulo:	$\sin x = -\frac{\sqrt{3}}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o seno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.

REGRA 1

Blocos

Continua na próxima página

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

if (EF1 >= 0) {
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
    EV1 = 360 + EF1;
} else {
    EV1 = EF1 % 360 + 360;
}
if (EV1 == 240 || EV1 == 300) {
    return SV3;
} else if (EV1 < 240 || EV1 > 270 && EV1 < 300) {
    return SV2;
} else if (EV1 > 300 || EV1 <= 270) {
    return SV1;
}
  
```

Apêndice G

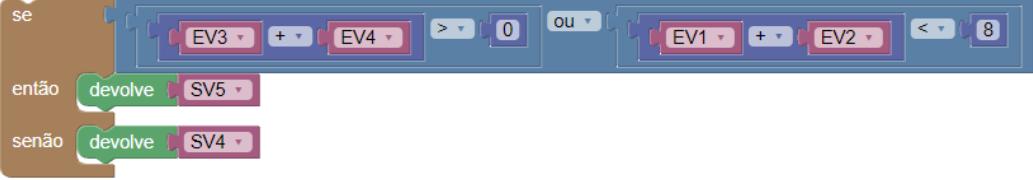
OTA - Exercício 4

ASPECTOS EDUCACIONAIS	
NOME	Quadro Trigonométrico - Cosseno
DESCRIÇÃO GERAL	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, valores e posições dos ângulos no círculo trigonométrico.
TÓPICOS	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, graus, radianos
DESCRIÇÃO EDUCACIONAL	No Player Virtual, o estudante deve escolher o ângulo que irá estudar e, então, deve manipular o ponteiro do objeto físico (Player Físico) de modo a indicar a posição deste ângulo. O ponteiro virtual é movimentado a partir da manipulação do ponteiro físico e, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores do ângulo em graus e em radianos. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é a posição correta, ou insira um valor incorreto, o Player Virtual deverá retornar uma informação que ajude o estudante a corrigir os valores ou posições. Este objeto utiliza a Face A04 do OFVA Quadro Trigonométrico.
MODO	ESTUDO
DISPOSITIVOS	
ITENS	32 sensores de efeito hall; 1 imã de neodímio; ESP-WROOM-32; 1 Teclado membrana matricial; 1 Display LCD, Interface Wifi
RECURSOS	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
RECURSOS FÍSICOS	.hex e .ino em Arduíno, Ponteiro físico, Face A04 com círculo trigonométrico apenas com valores de ângulos estudados em A02 e reta dos Cossenos.
RECURSOS DIGITAIS	Player Virtual
SERVIÇOS	
ITENS	Iniciar atividade (botão), Leitura de hipertexto, Envio de resposta física (formato: websocket + json + botão físico), Envio de resposta digital (html tracking), Confirmação de resposta (visualização de respostas dadas), Feedback (modo estudo), Encerrar atividade (botão)

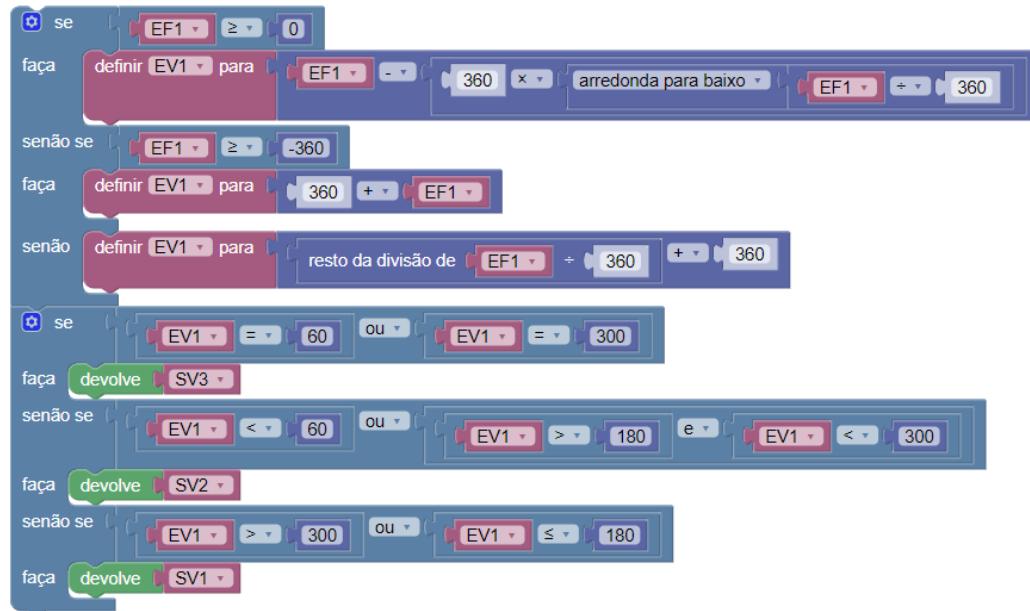
ENTRADAS E SAÍDAS					
CONJUNTO DE ENTRADAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript
1	Físico	EF1	inteiro	<code>entrada física 1</code>	<code>var EF1;</code>
2	Virtual	EV1	inteiro	<code>entrada virtual 1</code>	<code>var EV1;</code>
3	Virtual	EV2	inteiro	<code>entrada virtual 2</code>	<code>var EV2;</code>
4	Virtual	EV3	inteiro	<code>entrada virtual 3</code>	<code>var EV3;</code>
5	Virtual	EV4	inteiro	<code>entrada virtual 4</code>	<code>var EV4;</code>
6	Virtual	EV5	inteiro	<code>entrada virtual 5</code>	<code>var EV5;</code>
CONJUNTO DE SAÍDAS					
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO	
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário	
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário	
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!	
4	Virtual	SV4	String	Resposta está correta!	
5	Virtual	SV5	String	Alguma das respostas precisa ser revista!	
BLOCOS					
Continua na próxima página					

continuação da página anterior
saída virtual 1 Mova o ponteiro no sentido horário! saída virtual 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário! saída virtual 3 Posição está correta! saída virtual 4 Resposta está correta! saída virtual 5 Alguma das respostas precisa ser revista!
JavaScript gerado
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Resposta está correta!"; var SV5 = "Alguma das respostas precisa ser revista!";</pre>

CASOS DE TESTE	
CASO DE TESTE 1	
Rótulo:	Observar ponteiro
Situação-problema (Enunciado):	<p>Movimento o ponteiro e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - À medida que o ângulo muda de valor, o cosseno também se altera. [4] - O ponteiro representa um ângulo em um círculo trigonométrico. [4] - Os valores de ângulo e cosseno não tem qualquer relação entre si. [1] - O ponteiro representa um cosseno do círculo trigonométrico que está associado a um ângulo. [2]
REGRA 1	
Blocos	
 <pre>se [EV3 + EV4 > 0 ou EV1 + EV2 < 8] then [devolve SV5] senão [devolve SV4]</pre>	
JavaScript gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
<pre>if ((EV3+EV4>0 EV1+EV2<8)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 2	
Rótulo:	Observar Cosseno
Situação-problema (Enunciado):	<p>Observe o que acontece como valor do cosseno, ao movimentar o ponteiro para aumentar ou diminuir o valor do ângulo, em cada quadrante, e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor do cosseno aumenta no 3º e no 4º quadrantes. [4] - O cosseno do 1º e 2º quadrantes é positivo. [2] - O cosseno do 1º e 4º quadrantes é positivo. [4] - O valor do cosseno diminui no 2º e aumenta no 3º quadrante. [4] - O cosseno do 2º e 3º quadrantes é negativo. [4]
REGRA 1	
Blocos	
<pre>se [EV2 > 0 ou EV1 + EV3 + EV4 + EV5 < 16] então [devolve SV5] senão [devolve SV4]</pre>	
JavaScript gerado	
<pre>if ((EV2 > 0 EV1 + EV3 + EV4 + EV5 < 16)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 3	
Rótulo:	$\cos x = \frac{1}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o cosseno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

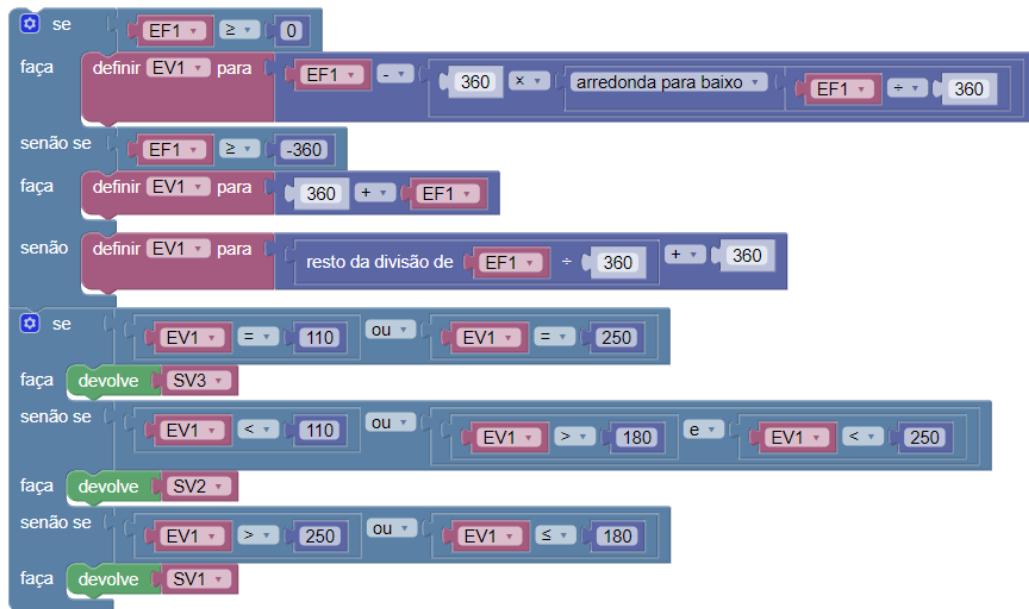
if (EF1 >= 0) {
  EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
  EV1 = 360 + EF1;
} else {
  EV1 = EF1 % 360 + 360;
} if (EV1 == 60 || EV1 == 300) {
  return SV3;
} else if (EV1 < 60 || EV1 > 180 && EV1 < 300) {
  return SV2;
} else if (EV1 > 300 || EV1 <= 180) {
  return SV1;
}

```

CASO DE TESTE 4

Rótulo:	$\cos x = -0,3420\dots$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o cosseno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

if (EF1 >= 0) {
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
    EV1 = 360 + EF1;
} else {
    EV1 = EF1 % 360 + 360;
} if (EV1 == 110 || EV1 == 250) {
    return SV3;
} else if (EV1 < 110 || EV1 > 180 && EV1 < 250) {
    return SV2;
} else if (EV1 > 250 || EV1 <= 180) {
    return SV1;
}
  
```

CASO DE TESTE 5

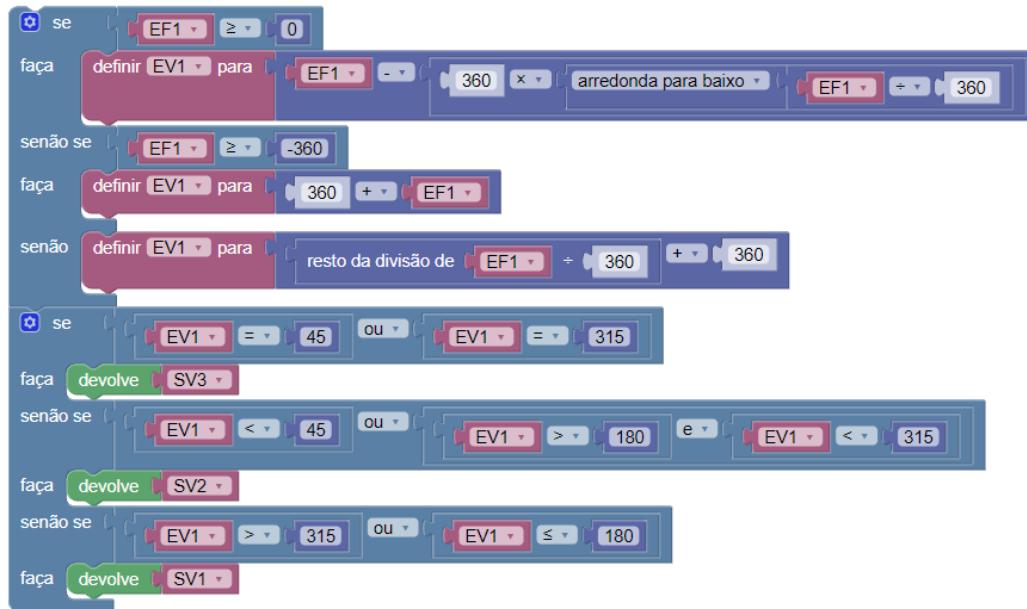
Rótulo:	$\cos x = \frac{\sqrt{2}}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o cosseno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.

REGRA 1

Blocos

Continua na próxima página

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```
if (EF1 >= 0) {
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
    EV1 = 360 + EF1;
} else {
    EV1 = EF1 % 360 + 360;
} if (EV1 == 45 || EV1 == 315) {
    return SV3;
} else if (EV1 < 45 || EV1 > 180 && EV1 < 315) {
    return SV2;
} else if (EV1 > 315 || EV1 <= 180) {
    return SV1;
}
```

CASO DE TESTE 6

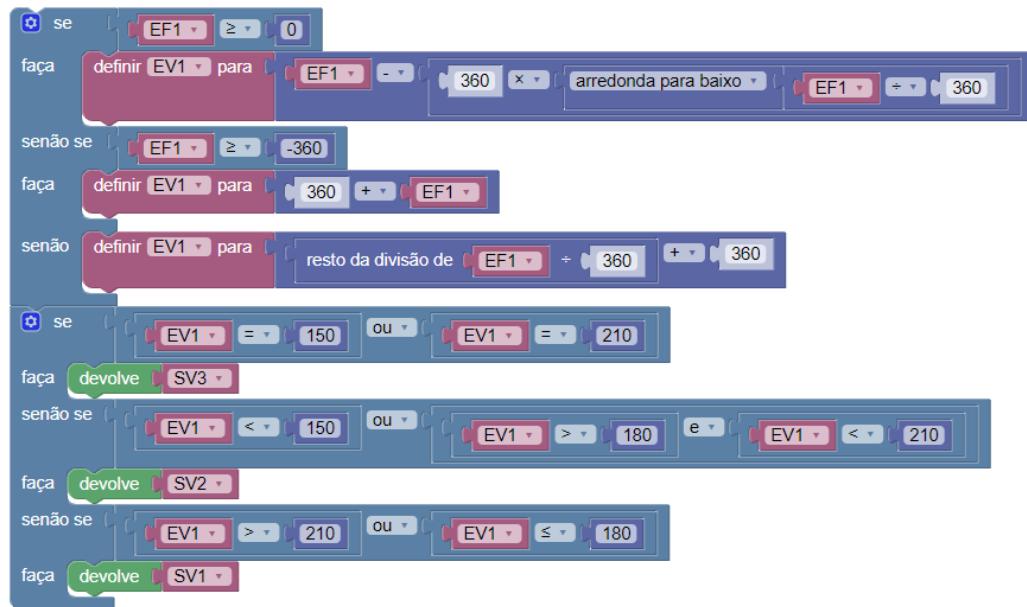
Rótulo:	$\cos x = -\frac{\sqrt{3}}{2}$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para o cosseno de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.

REGRA 1

Blocos

Continua na próxima página

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

if (EF1 >= 0) {
  EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
  EV1 = 360 + EF1;
} else {
  EV1 = EF1 % 360 + 360;
} if (EV1 == 150 || EV1 == 210) {
  return SV3;
} else if (EV1 < 150 || EV1 > 180 && EV1 < 210) {
  return SV2;
} else if (EV1 > 210 || EV1 <= 180) {
  return SV1;
}

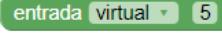
```

Apêndice H

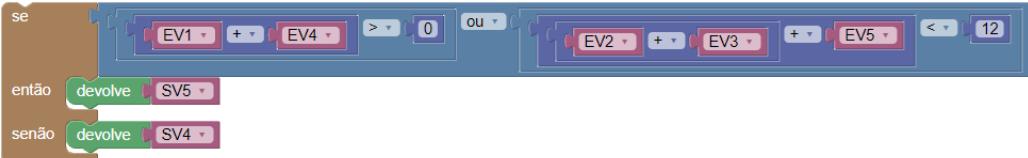
OTA - Exercício 5

ASPECTOS EDUCACIONAIS	
NOME	Quadro Trigonométrico - Tangente
DESCRIÇÃO GERAL	Este objeto de aprendizagem trabalha com conceitos relacionados a Trigonometria, em especial, valores e posições dos ângulos no círculo trigonométrico.
TÓPICOS	Trigonometria, ângulos, círculo trigonométrico, quadrantes, graus, radianos
DESCRIÇÃO EDUCACIONAL	No Player Virtual, o estudante deve escolher o ângulo que irá estudar e, então, deve manipular o ponteiro do objeto físico (Player Físico) de modo a indicar a posição deste ângulo. O ponteiro virtual é movimentado a partir da manipulação do ponteiro físico e, após a confirmação da posição pelo estudante, é habilitada uma caixa de texto, onde deverão ser inseridos os valores do ângulo em graus e em radianos. Caso o aluno posicione o ponteiro físico em um local que não é a posição correta, ou insira um valor incorreto, o Player Virtual deverá retornar uma informação que ajude o estudante a corrigir os valores ou posições. Este objeto utiliza a Face A05 do OFVA Quadro Trigonométrico.
MODO	ESTUDO
DISPOSITIVOS	
ITENS	32 sensores de efeito hall; 1 imã de neodímio; ESP-WROOM-32; 1 Teclado membrana matricial; 1 Display LCD, Interface Wifi
RECURSOS	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
RECURSOS FÍSICOS	.hex e .ino em Arduino, Ponteiro físico, Face A05 com círculo trigonométrico apenas com valores de ângulos estudados em A02 e reta das tangentes.
RECURSOS DIGITAIS	Player Virtual
SERVIÇOS	
ITENS	Iniciar atividade (botão), Leitura de hipertexto, Envio de resposta física (formato: websocket + json + botão físico), Envio de resposta digital (html tracking), Confirmação de resposta (visualização de respostas dadas), Feedback (modo estudo), Encerrar atividade (botão)

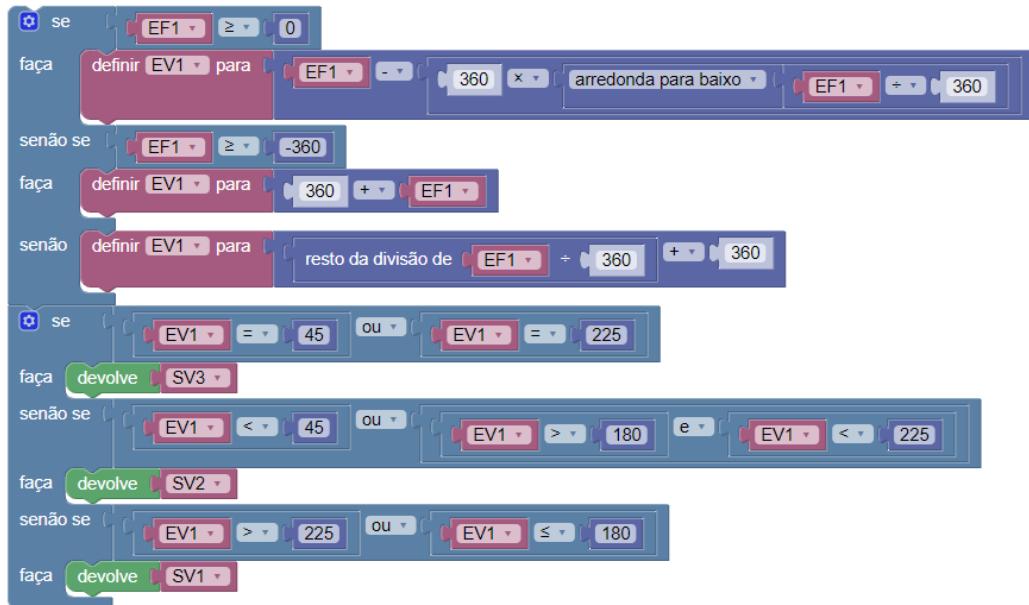
ENTRADAS E SAÍDAS							
CONJUNTO DE ENTRADAS							
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	BLOCOS	JavaScript		
1	Físico	EF1	inteiro	 entrada física 1	var EF1;		
2	Virtual	EV1	inteiro	 entrada virtual 1	var EV1;		
3	Virtual	EV2	inteiro	 entrada virtual 2	var EV2;		
4	Virtual	EV3	inteiro	 entrada virtual 3	var EV3;		
5	Virtual	EV4	inteiro	 entrada virtual 4	var EV4;		
6	Virtual	EV5	inteiro	 entrada virtual 5	var EV5;		
CONJUNTO DE SAÍDAS							
ID	FONTE	RÓTULO	TIPO DE DADO	CONTEÚDO			
1	Virtual	SV1	String	Mova o ponteiro no sentido horário			
2	Virtual	SV2	String	Mova o ponteiro no sentido anti-horário			
3	Virtual	SV3	String	Posição está correta!			
4	Virtual	SV4	String	Resposta está correta!			
5	Virtual	SV5	String	Alguma das respostas precisa ser revista!			
BLOCOS							
Continua na próxima página							

continuação da página anterior
saída virtual 1 Mova o ponteiro no sentido horário! saída virtual 2 Mova o ponteiro no sentido anti-horário! saída virtual 3 Posição está correta! saída virtual 4 Resposta está correta! saída virtual 5 Alguma das respostas precisa ser revista!
JavaScript gerado
<pre>var SV1 = "Mova o ponteiro no sentido horário!"; var SV2 = "Mova o ponteiro no sentido anti-horário!"; var SV3 = "Posição está correta!"; var SV4 = "Resposta está correta!"; var SV5 = "Alguma das respostas precisa ser revista!";</pre>

CASOS DE TESTE	
CASO DE TESTE 1	
Rótulo:	Observar ponteiro
Situação-problema (Enunciado):	<p>Movimento o ponteiro e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - A reta das tangentes é perpendicular ao eixo y [1] - A reta das tangentes é paralela ao eixo y [4] - Há ângulos que não possuem tangente. [4] - Assim como seno e cosseno, a tangente está limitada ao tamanho do círculo. [1] - Diferente do seno e cosseno, a tangente é uma função crescente, ou seja, não há intervalos de decrescimento [4]
REGRA 1	
Blocos	
	
JavaScript gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior	
<pre>if ((EV1 + EV4 > 0 EV2 + EV3 + EV5 < 12)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 2	
Rótulo:	Observar Tangente
Situação-problema (Enunciado):	<p>Observe o que acontece como valor da tangente, ao movimentar o ponteiro para aumentar ou diminuir o valor do ângulo, em cada quadrante, e marque as alternativas que correspondem às suas observações.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O valor da tangente diminui no 2º e aumenta no 1º quadrante. [2] - O valor da tangente aumenta no 3º e no 4º quadrantes.[4] - A tangente do 2º e 4º quadrantes é negativa. [4] - A tangente de 90º não existe. [4] - A tangente do 1º e 4º quadrantes é positiva. [2]
REGRA 1	
Blocos	
<pre>se [(EV1 + EV5) > 0 ou (EV2 + EV3 + EV4) < 12] então [devolve SV5] senão [devolve SV4]</pre>	
JavaScript gerado	
<pre>if ((EV1 + EV5 > 0 EV2 + EV3 + EV4 < 12)){ return SV5; } else { return SV4; }</pre>	
CASO DE TESTE 3	
Rótulo:	$\tan x = 1$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para a tangente de um ângulo desconhecido x . Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.
REGRA 1	
Blocos	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```

if (EF1 >= 0) {
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);
} else if (EF1 >= -360) {
    EV1 = 360 + EF1;
} else {
    EV1 = EF1 % 360 + 360;
} if (EV1 == 45 || EV1 == 225) {
    return SV3;
} else if (EV1 < 45 || EV1 > 180 && EV1 < 225) {
    return SV2;
} else if (EV1 > 225 || EV1 <= 180) {
    return SV1;
}
  
```

CASO DE TESTE 4

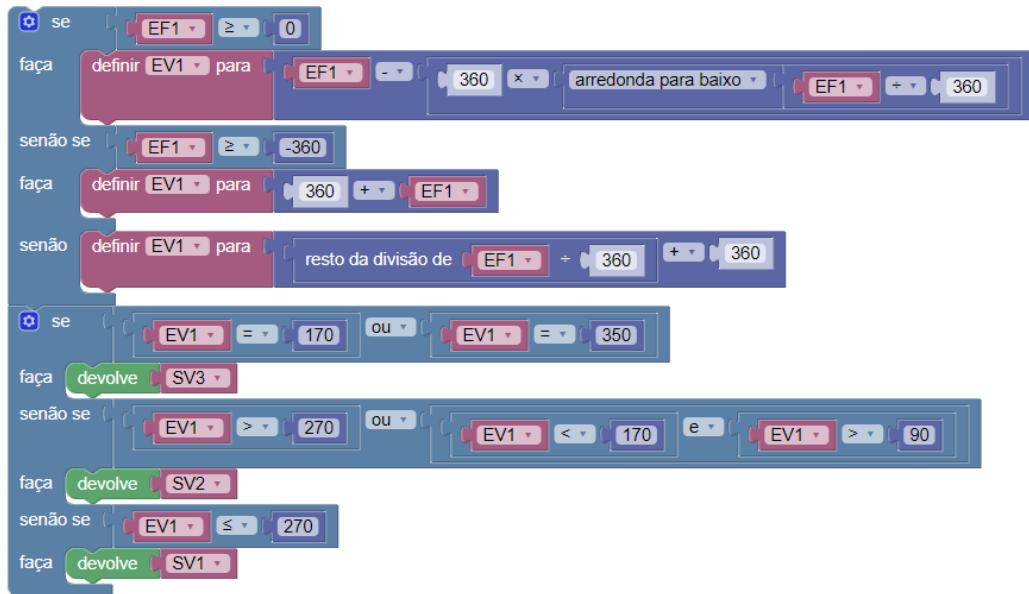
Rótulo:	$\tan x = -0,1763\dots$
Situação-problema (Enunciado):	A sentença apresenta um resultado para a tangente de um ângulo desconhecido x. Usando o ponteiro físico, encontre um valor de x que a satisfaça.

REGRA 1

Blocos

Continua na próxima página

continuação da página anterior



JavaScript gerado

```
if (EF1 >= 0) {  
    EV1 = EF1 - 360 * Math.floor(EF1 / 360);  
} else if (EF1 >= -360) {  
    EV1 = 360 + EF1;  
} else {  
    EV1 = EF1 % 360 + 360;  
} if (EV1 == 170 || EV1 == 350) {  
    return SV3;  
} else if (EV1 > 270 || EV1 < 170 && EV1 > 90) {  
    return SV2;  
} else if (EV1 <= 270) {  
    return SV1;  
}
```

Apêndice I

OTA - Exercício 1 - Analíticos

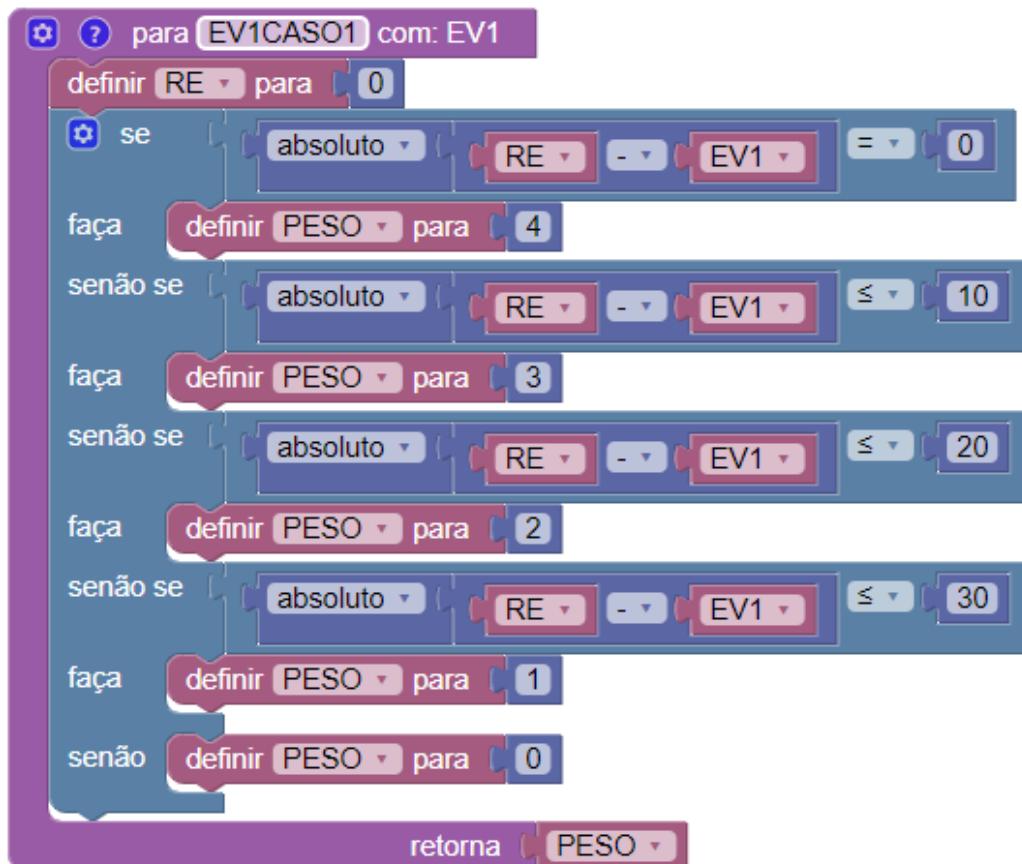
CASO DE TESTE 1	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
<pre>parâmetro [EF1COSO1] com: EF1 definir [RE] para [0] se [absoluto <=] [RE] [EF1] [0] então definir [PESO] para [4] senão se [absoluto ≤] [RE] [EF1] [10] então definir [PESO] para [3] senão se [absoluto ≤] [RE] [EF1] [20] então definir [PESO] para [2] senão se [absoluto ≤] [RE] [EF1] [30] então definir [PESO] para [1] senão então definir [PESO] para [0] fim retorna [PESO]</pre>	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math  
# Nota Ponderada - Caso 1  
def EF1CASO1(EF1):  
    global RE, PESO  
    RE = 0  
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:  
        PESO = 4  
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:  
        PESO = 3  
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:  
        PESO = 2  
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:  
        PESO = 1  
    else:  
        PESO = 0  
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

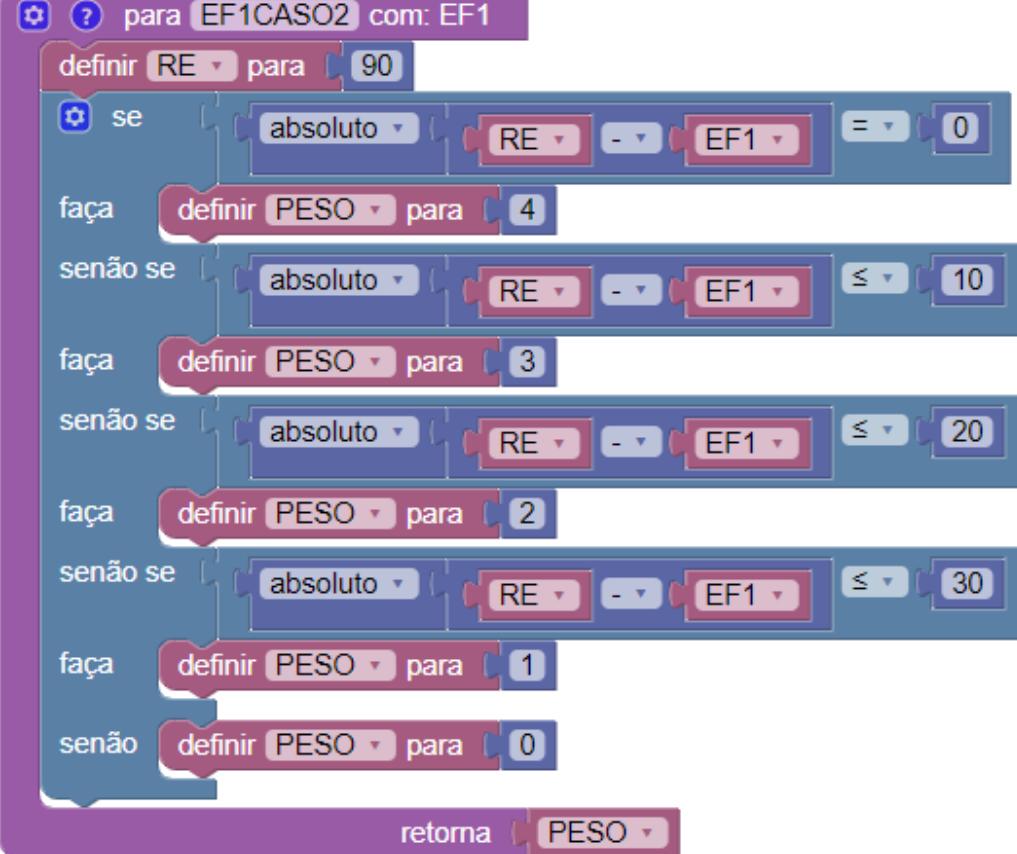


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - Caso 1 def EV1CASO1(EV1): global RE, PESO RE = 0 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO1 com: EV2] definir [RE v] para [0] se [EV2 v] = [0] então definir [PESO v] para [4] senão se [EV2 v] = [2 × π ÷ 18] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 9] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 18] então definir [PESO v] para [1] senão então definir [PESO v] para [0] fim retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

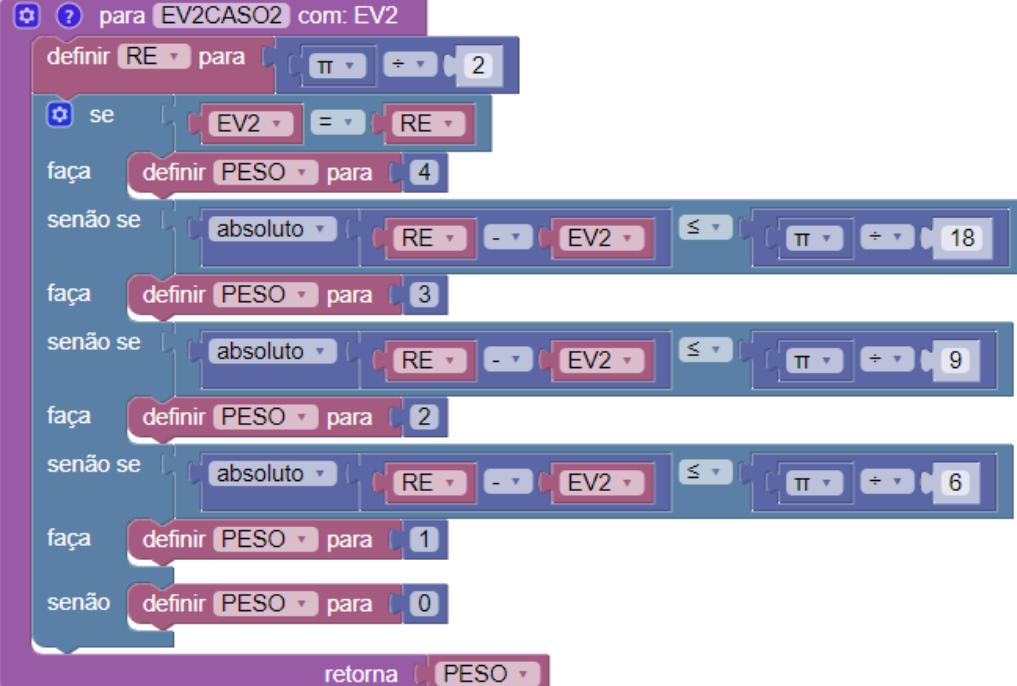
continuação da página anterior

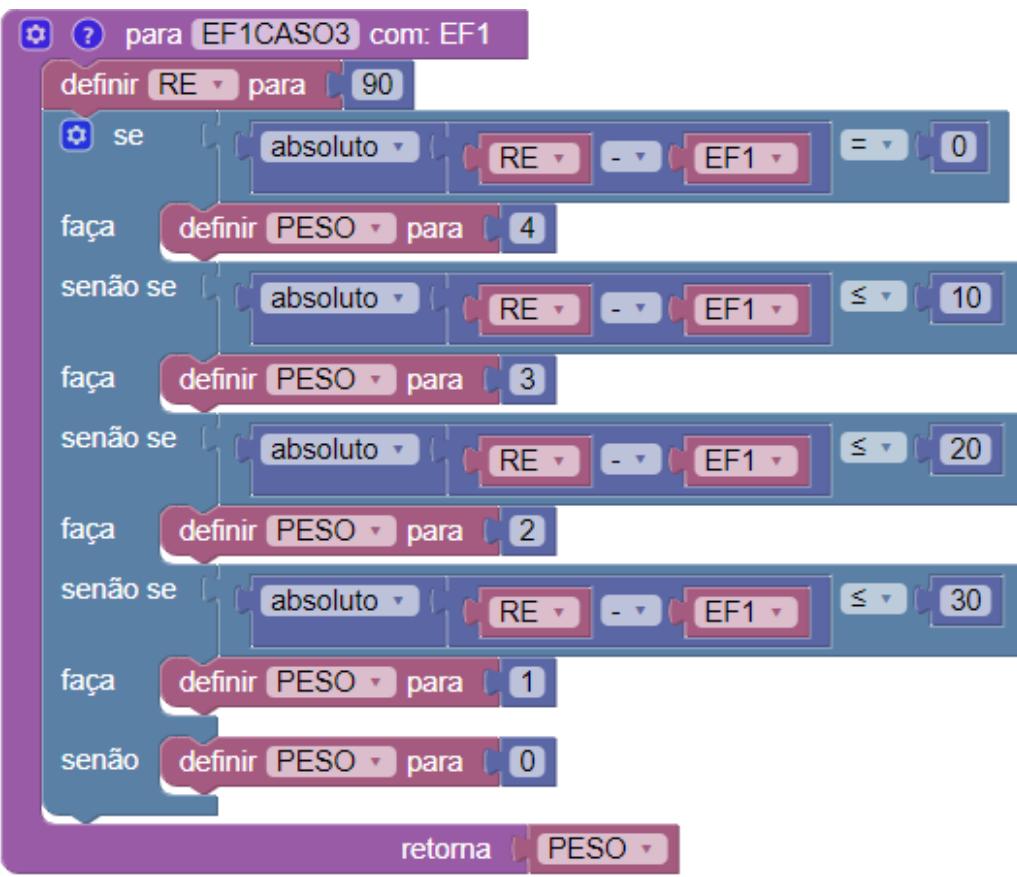
```
import math
# Nota Ponderada - Caso 1
def EV2CASO1(EV2):
    global RE, PESO
    RE = 0
    if EV2 == 0:
        PESO = 4
    elif EV2 == 2 * math.pi:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 2
Nota Ponderada - EF1
Blocos
 <pre>para [EF1CASO2] com: EF1 definir RE para 90 se [absoluto (RE) - (EF1)] = 0 fazer definir PESO para 4 senão se [absoluto (RE) - (EF1)] ≤ 10 fazer definir PESO para 3 senão se [absoluto (RE) - (EF1)] ≤ 20 fazer definir PESO para 2 senão se [absoluto (RE) - (EF1)] ≤ 30 fazer definir PESO para 1 senão fazer definir PESO para 0 retornar PESO</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior
import math # Nota Ponderada - Caso 2 def EF1CASO2(EF1): global RE, PESO RE = 90 if math.fabs(RE - EF1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EF1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EF1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EF1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO
Nota Ponderada - EV1
Blocos
Continua na próxima página

continuação da página anterior	
<pre> para [EV1CASO2] com: EV1 definir RE para 90 se [absoluto (RE - EV1) = 0] fazer [definir PESO para 4] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 10] fazer [definir PESO para 3] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 20] fazer [definir PESO para 2] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 30] fazer [definir PESO para 1] senão definir PESO para 0 retornar PESO fim </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - Caso 1 def EV1CASO2(EV1): global RE, PESO RE = 90 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
Nota Ponderada - EV2
Blocos

Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - Caso 2 def EV2CASO2(EV2): global RE, PESO RE = math.pi / 2 if EV2 == RE: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>

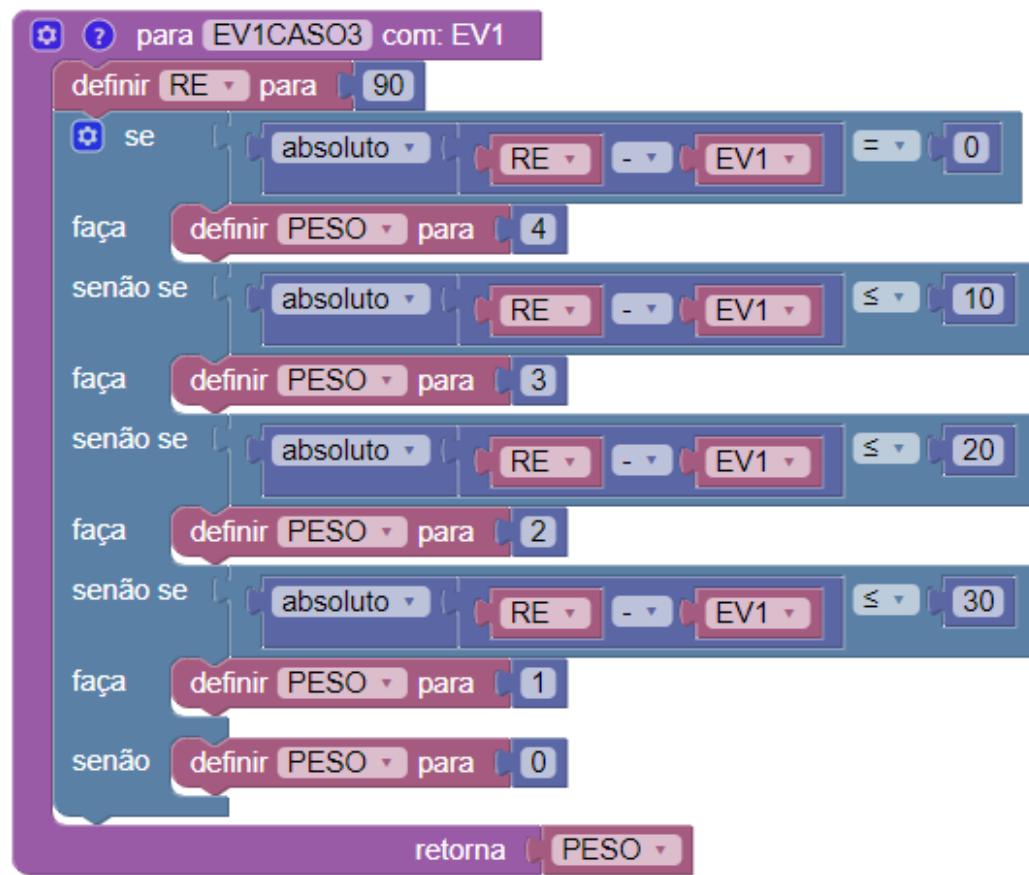
CASO DE TESTE 3	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
 <pre>para [EF1CASO3] com: EF1 definir RE para 90 se [absoluto (RE) - (EF1) = 0] fazer definir PESO para 4 senão se [absoluto (RE) - (EF1) ≤ 10] fazer definir PESO para 3 senão se [absoluto (RE) - (EF1) ≤ 20] fazer definir PESO para 2 senão se [absoluto (RE) - (EF1) ≤ 30] fazer definir PESO para 1 senão fazer definir PESO para 0 retornar PESO</pre>	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - Caso 3
def EF1CASO3(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 90
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

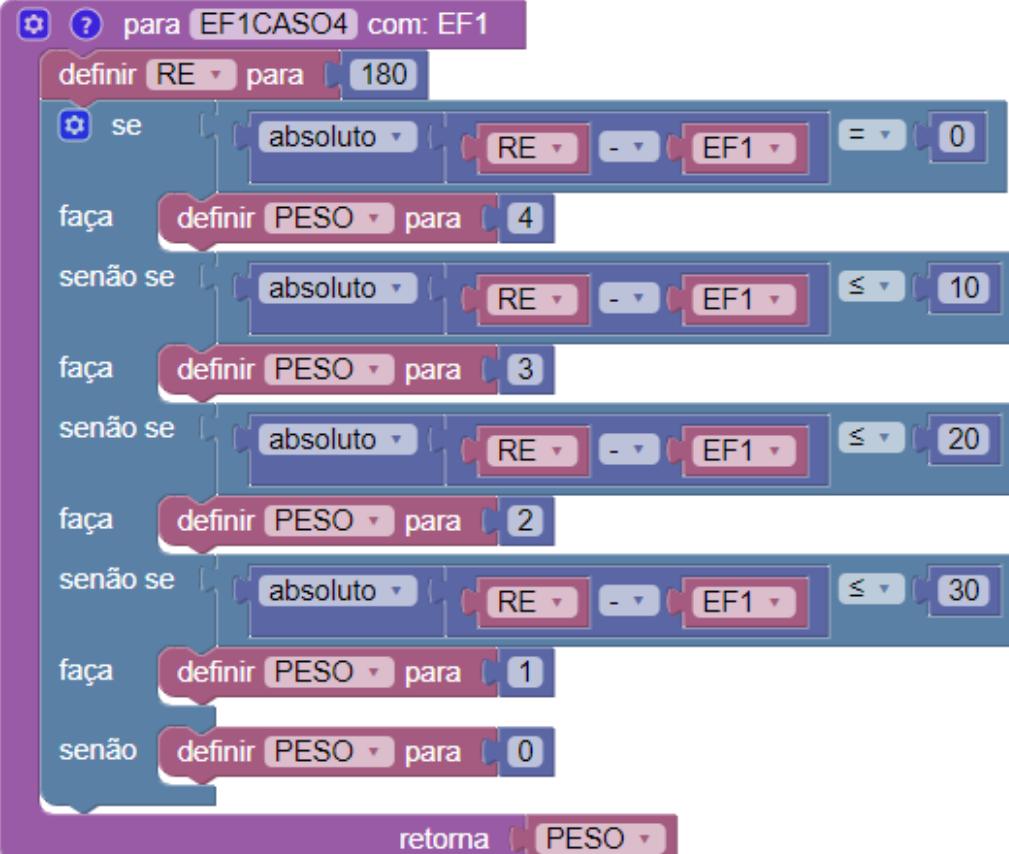


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - Caso 3 def EV1CASO3(EV1): global RE, PESO RE = 90 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO3 com: EV2] definir [RE v] para [(π ÷ 2)] se [EV2 v] = [RE v] então definir [PESO v] para [4] senão se [absoluto de [RE v] - [EV2 v]] ≤ [(π ÷ 18)] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto de [RE v] - [EV2 v]] ≤ [(π ÷ 9)] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto de [RE v] - [EV2 v]] ≤ [(π ÷ 6)] então definir [PESO v] para [1] senão então definir [PESO v] para [0] fim retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 3
def EV2CASO3(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi / 2
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

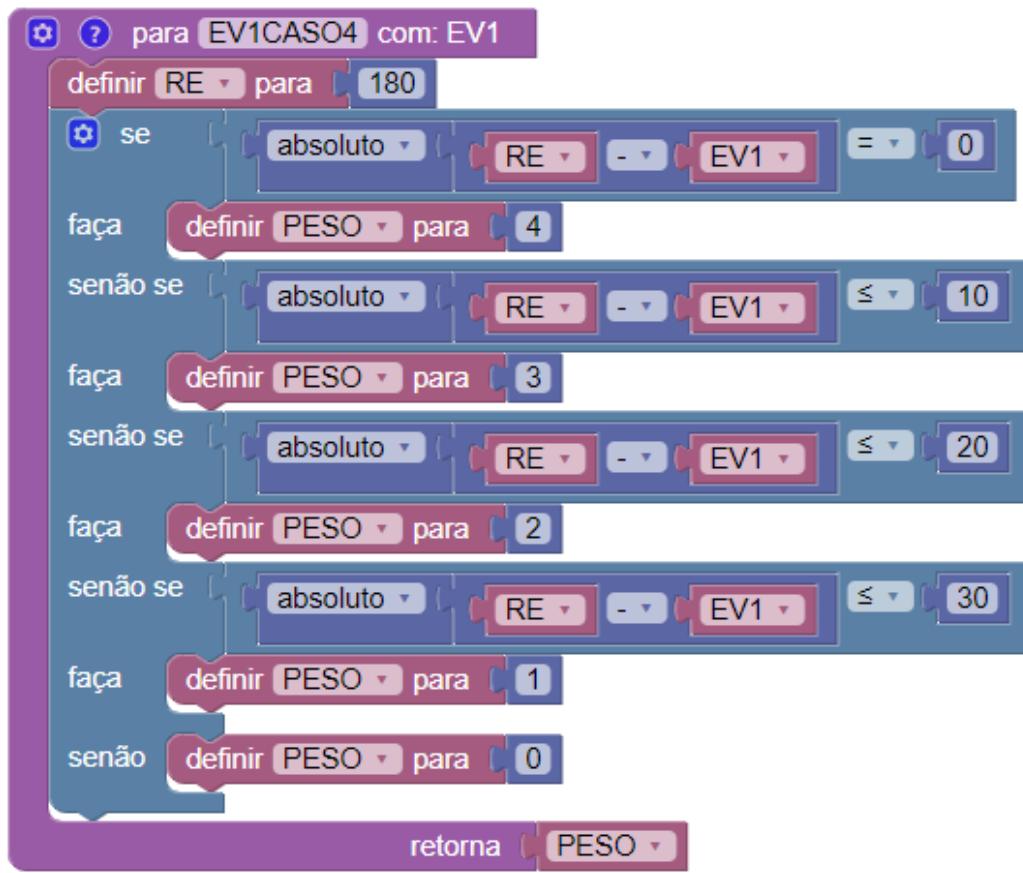
CASO DE TESTE 4
Nota Ponderada - EF1
Blocos

Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - Caso 4
def EF1CASO4(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 180
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

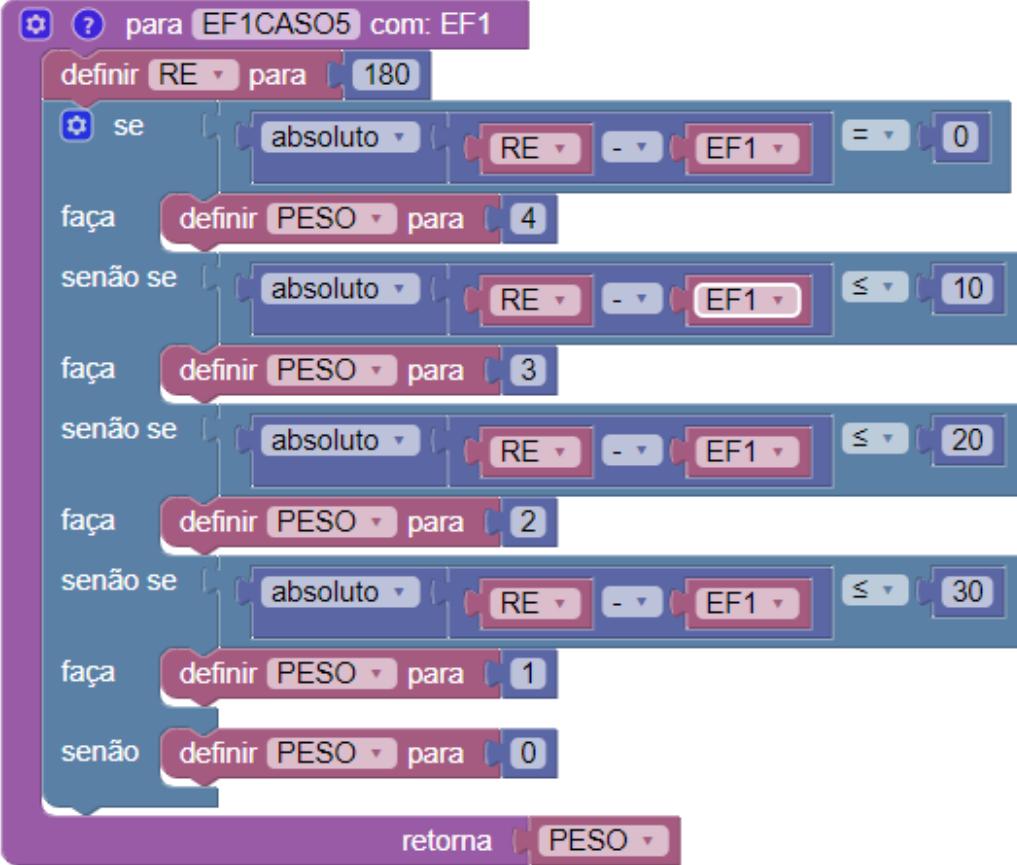


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - Caso 4 def EV1CASO4(EV1): global RE, PESO RE = 180 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO4 com: EV2] definir [RE v] para [π] se [EV2 v] = [RE v] então definir [PESO v] para [4] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 18] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 9] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 6] então definir [PESO v] para [1] senão definir [PESO v] para [0] retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 4
def EV2CASO4(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

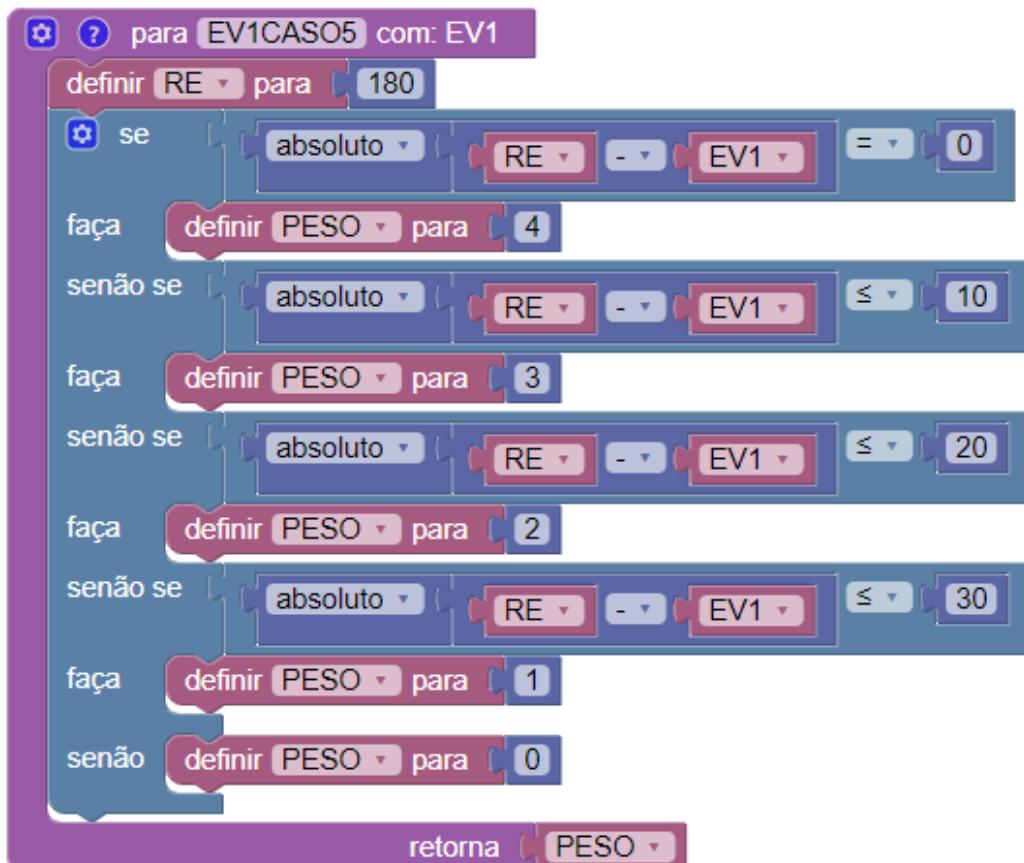
CASO DE TESTE 5	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
 <pre>parar quando [EF1CASO5] com: EF1 definir [RE v] para [180] se [absoluto (RE - EF1) = 0] fazer [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 10] fazer [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 20] fazer [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 30] fazer [definir [PESO v] para [1]] senão definir [PESO v] para [0] fim retornar [PESO v]</pre>	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - Caso 5
def EF1CASO5(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 180
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

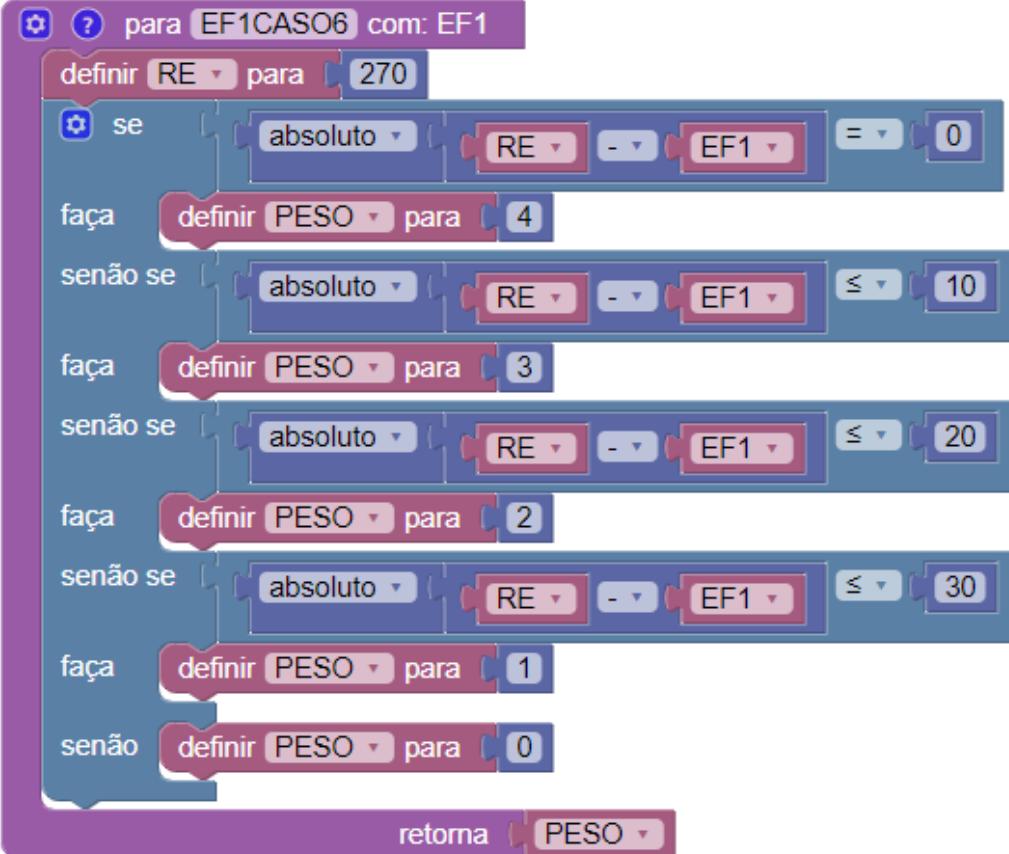


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - Caso 5 def EV1CASO5(EV1): global RE, PESO RE = 180 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO5 com: EV2] definir [RE v] para [π] se [EV2 v] = [RE v] então definir [PESO v] para [4] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 18] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 9] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 6] então definir [PESO v] para [1] senão então definir [PESO v] para [0] fim retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

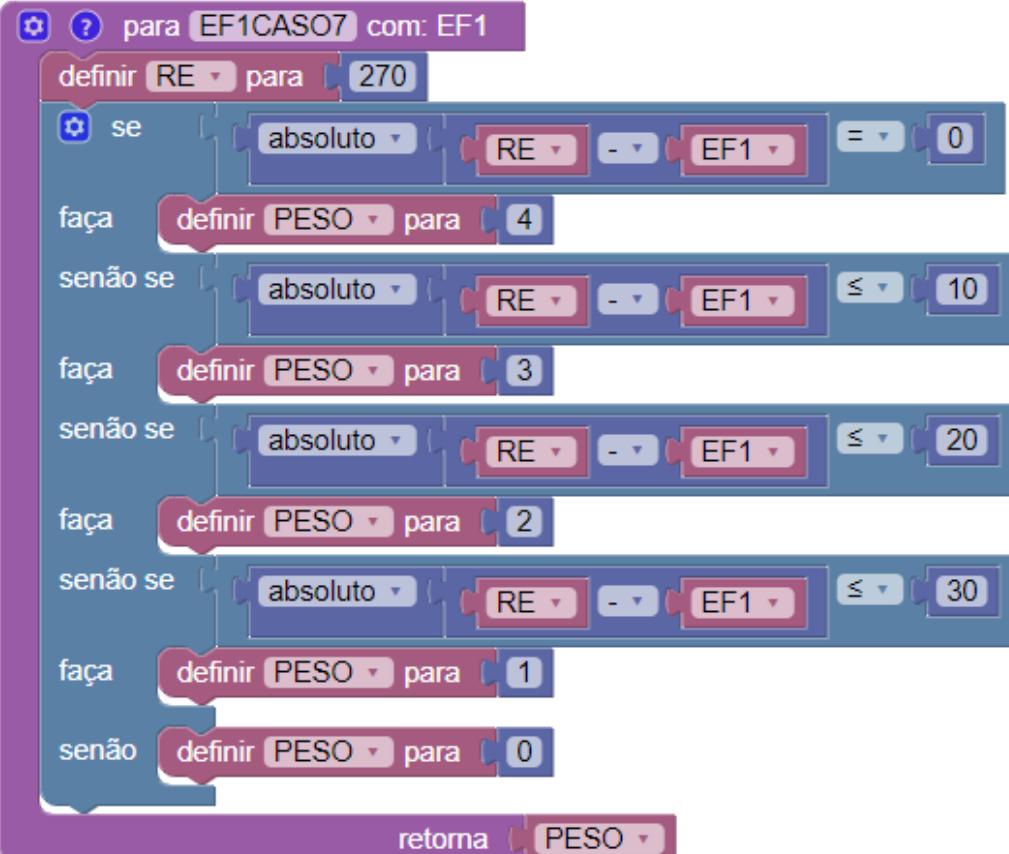
```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 5
def EV2CASO5(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 6	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
import math # Nota Ponderada - Caso 6 def EF1CASO6(EF1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EF1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EF1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EF1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EF1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO
Nota Ponderada - EV1
Blocos
Continua na próxima página

continuação da página anterior	
<pre> parâmetro [RE : número] parâmetro [EV1 : número] definir [PESO : número] para [0] se [absoluto (RE - EV1) = 0] definir [PESO] para [4] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 10] definir [PESO] para [3] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 20] definir [PESO] para [2] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 30] definir [PESO] para [1] senão definir [PESO] para [0] fim retorna [PESO] </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - Caso 6 def EV1CASO6(EV1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre> para [EV2CASO6] com: EV2 definir [RE v] para [(3 * π) ÷ 2] se [EV2 v] = [RE v] faça [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π v] ÷ 18 faça [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π v] ÷ 9 faça [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π v] ÷ 6 faça [definir [PESO v] para [1]] senão definir [PESO v] para [0] retorna [PESO v] </pre>
Python gerado
<pre> import math # Nota Ponderada - EV2 - Caso 6 def EV2CASO6(EV2): global RE, PESO RE = (3 * math.pi) / 2 if EV2 == RE: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>

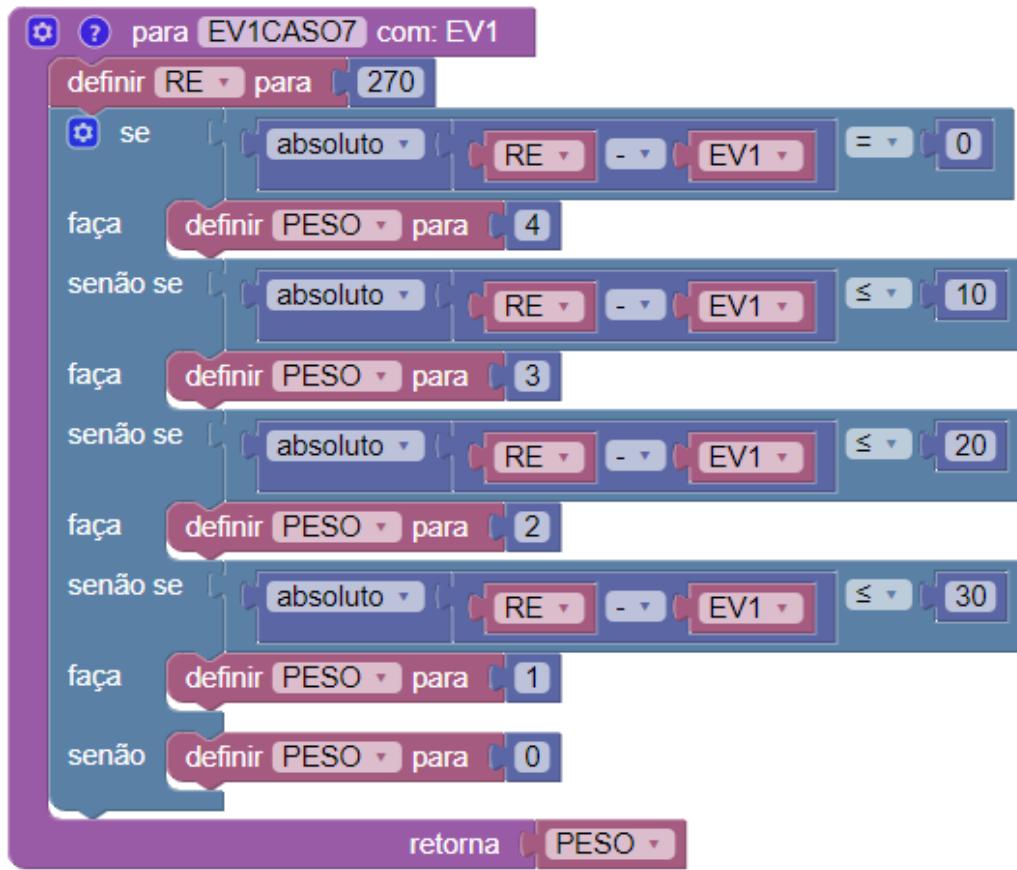
CASO DE TESTE 7	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 7
def EF1CASO7(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 270
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

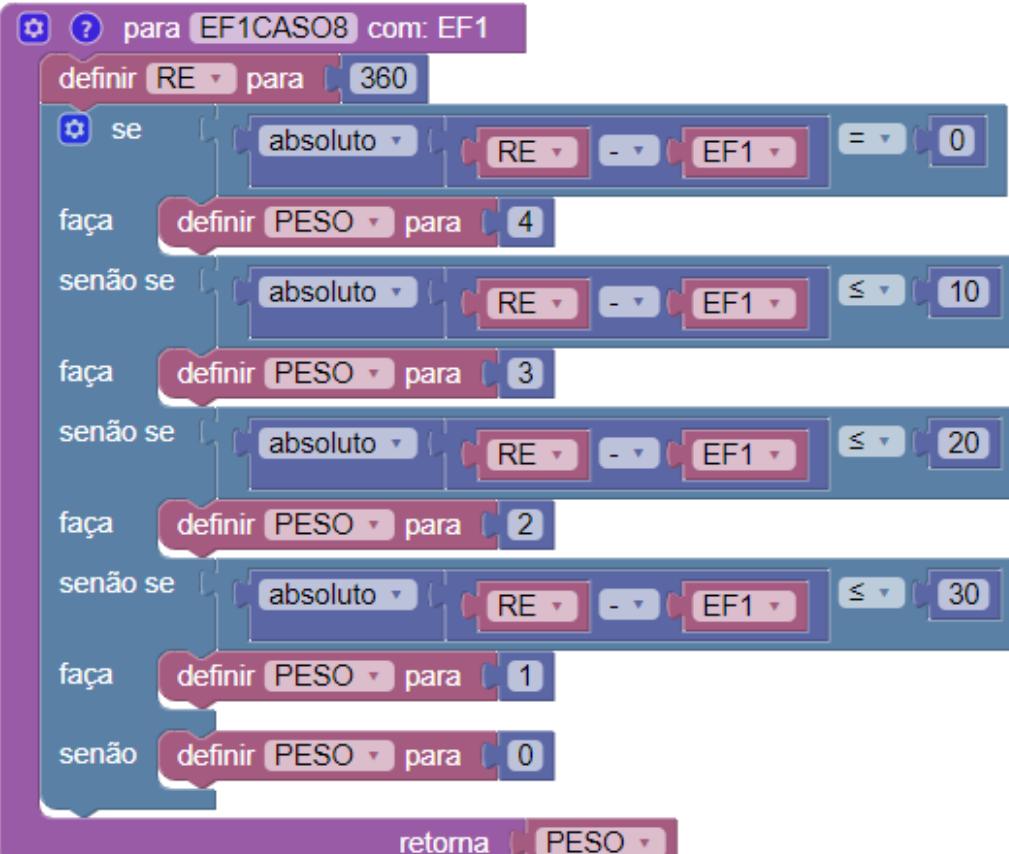


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 7 def EV1CASO7(EV1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO7 com: EV2] definir [RE v] para [3 * π / 2] se [EV2 v] = [RE v] então [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [18] então [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [9] então [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [6] então [definir [PESO v] para [1]] senão [definir [PESO v] para [0]] retorna [PESO v] end</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 7
def EV2CASO7(EV2):
    global RE, PESO
    RE = (3 * math.pi) / 2
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

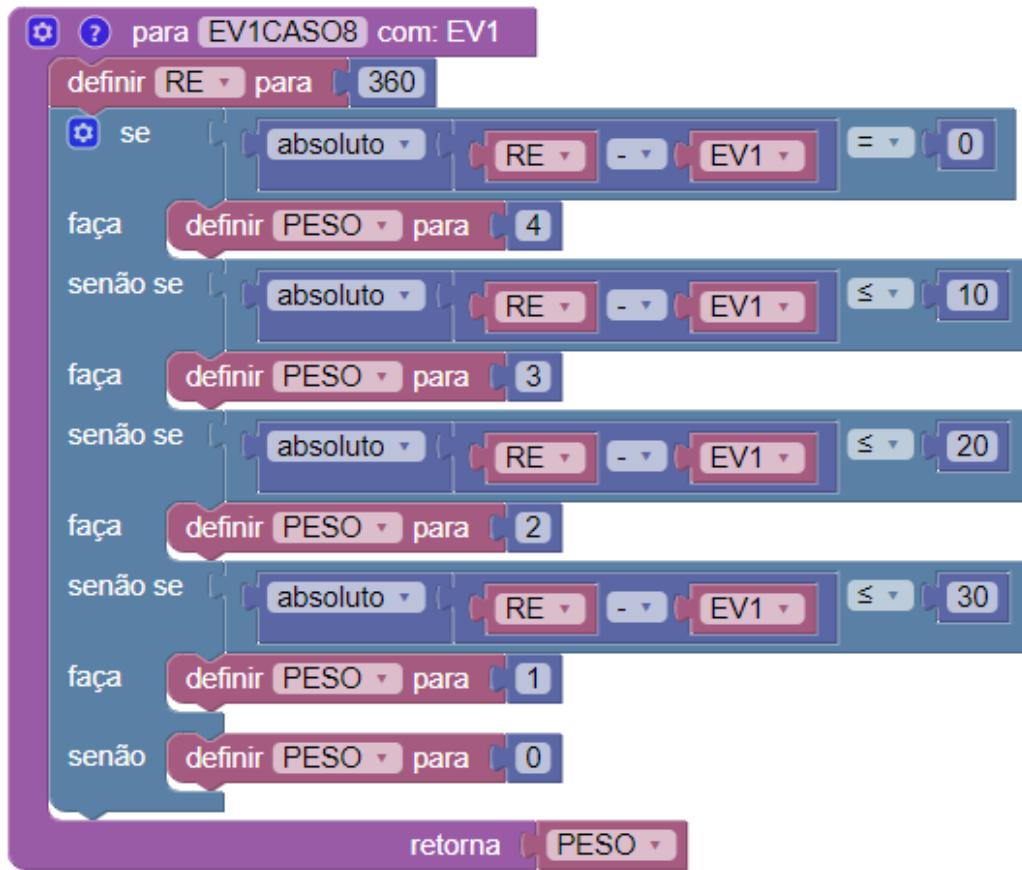
CASO DE TESTE 8
Nota Ponderada - EF1
Blocos

Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 8
def EF1CASO8(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 360
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos



Continua na próxima página

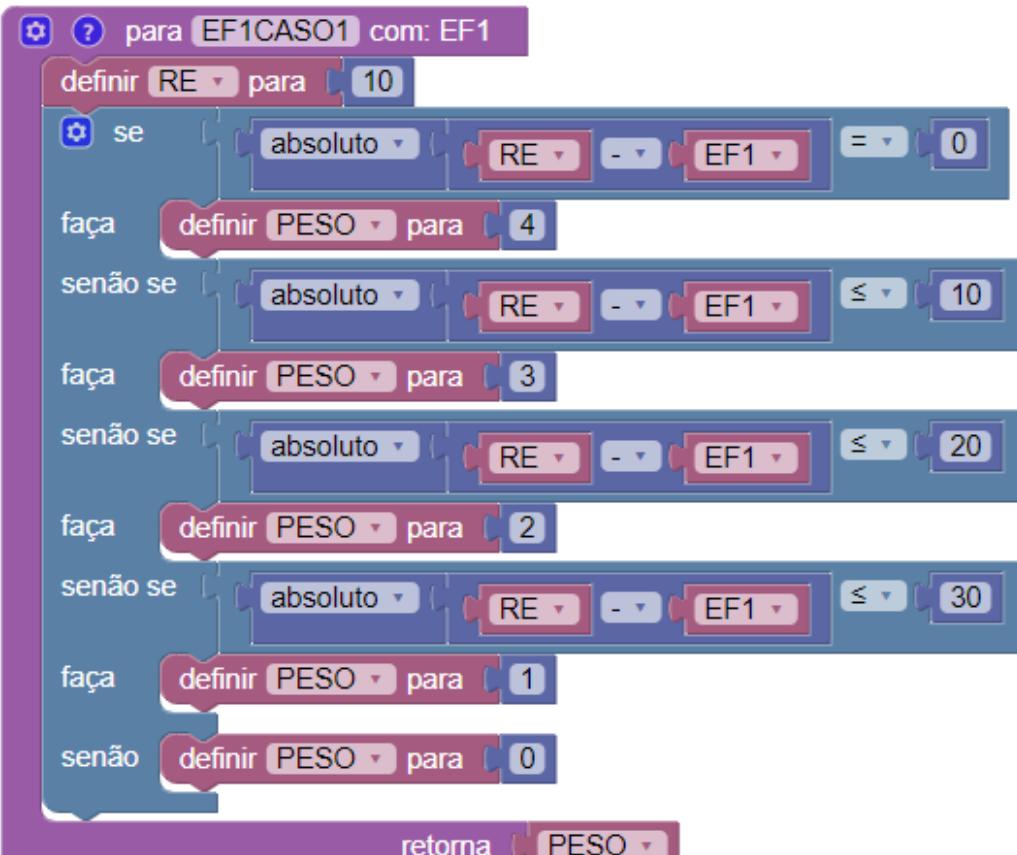
continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 8 def EV1CASO8(EV1): global RE, PESO RE = 360 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO8 com: EV2] definir [RE v] para [360] definir [PESO v] para [0] para [2 x ÷ π] se [EV2 = RE?] definir [PESO v] para [4] faça senão se [absoluto (RE - EV2) ÷ π ≤ 10?] definir [PESO v] para [3] faça senão se [absoluto (RE - EV2) ÷ π ≤ 20?] definir [PESO v] para [2] faça senão se [absoluto (RE - EV2) ÷ π ≤ 30?] definir [PESO v] para [1] faça senão definir [PESO v] para [0] faça fim retorna [PESO v] fim</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 8
def EV2CASO8(EV2):
    global RE, PESO
    RE = 2 * math.pi
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Apêndice J

OTA - Exercício 2 - Analíticos

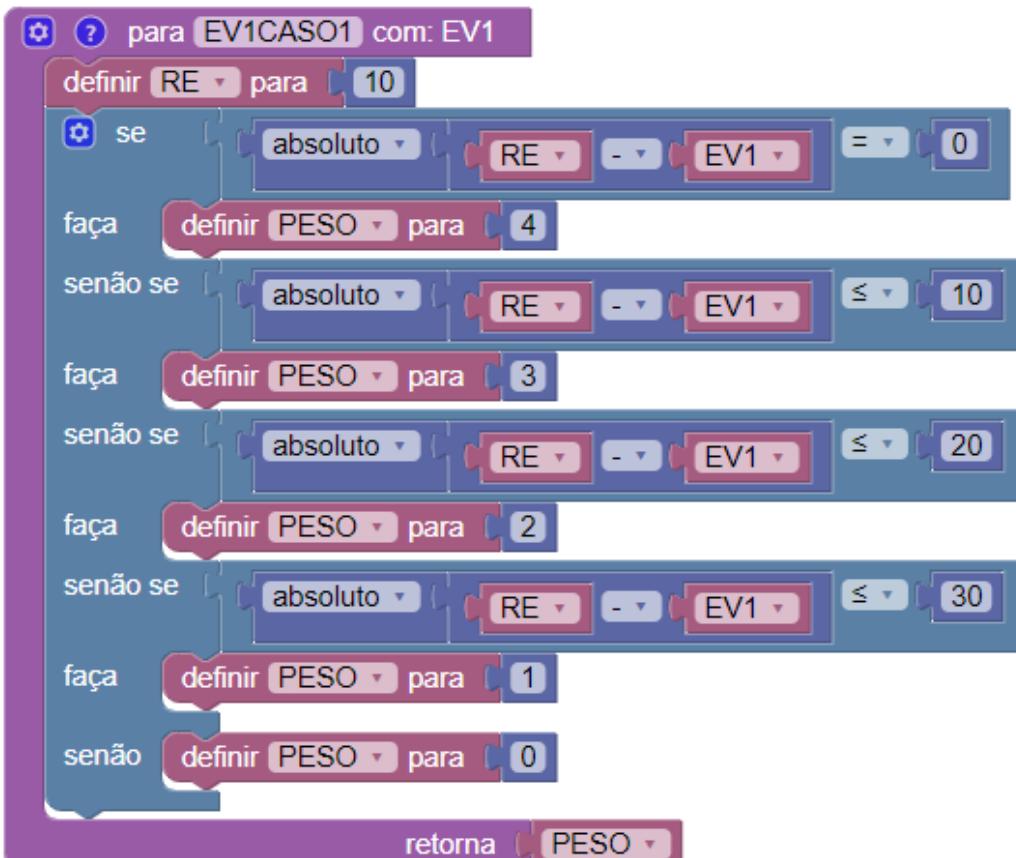
CASO DE TESTE 1
Nota Ponderada - EF1
Blocos

Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 1
def EF1CASO1(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 10
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

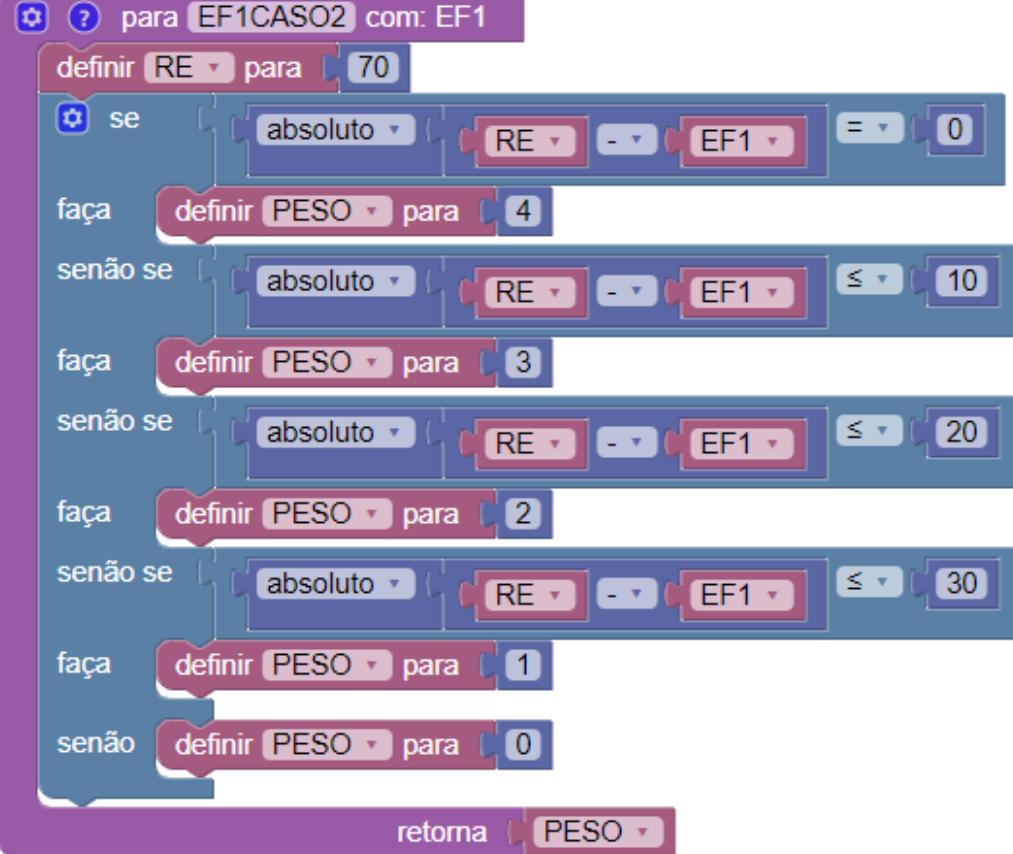


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 1 def EV1CASO1(EV1): global RE, PESO RE = 10 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO1] com: EV2 definir [RE] para [π ÷ 18] se [EV2 = RE?] então [definir [PESO] para [4]] senão se [absoluto [RE] - [EV2] ≤ π ÷ 18?] então [definir [PESO] para [3]] senão se [absoluto [RE] - [EV2] ≤ π ÷ 9?] então [definir [PESO] para [2]] senão se [absoluto [RE] - [EV2] ≤ π ÷ 6?] então [definir [PESO] para [1]] senão definir [PESO] para [0] fim fim retorna [PESO]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

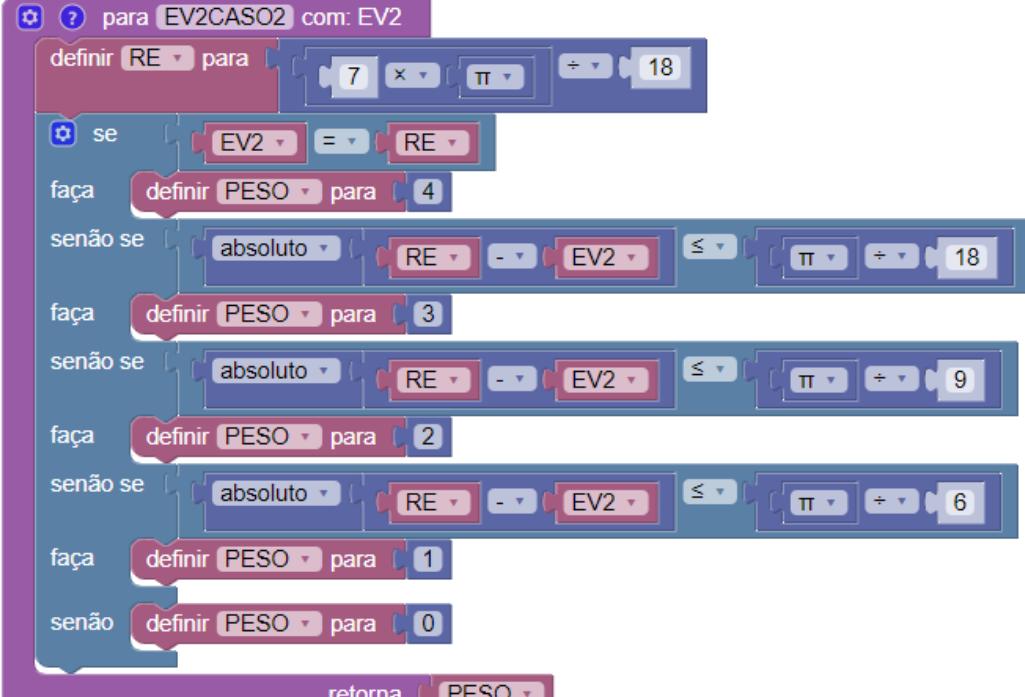
continuação da página anterior

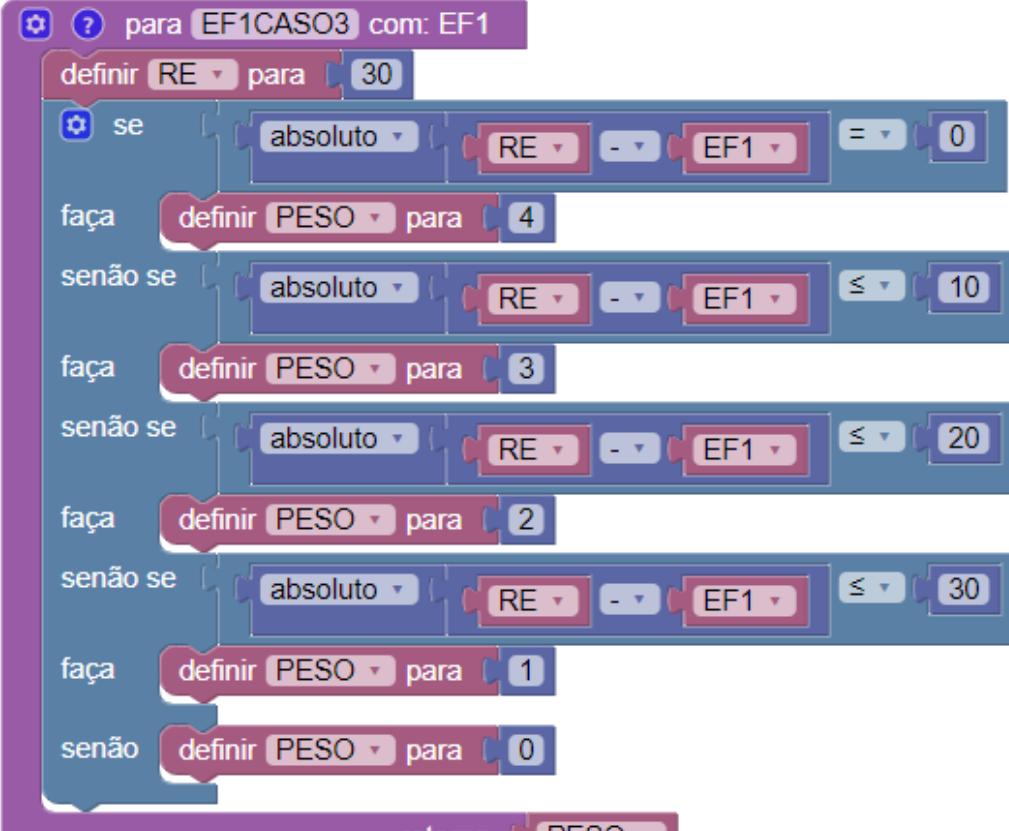
```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 1
def EV2CASO1(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi / 18
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 2
Nota Ponderada - EF1
Blocos
 <pre>par EF1CASO2 com: EF1 definir RE para 70 se [absoluto <= RE] then definir PESO para 4 else se [absoluto <= RE - EF1] then definir PESO para 3 else se [absoluto <= RE - 2 * EF1] then definir PESO para 2 else se [absoluto <= RE - 3 * EF1] then definir PESO para 1 else definir PESO para 0 end end end end retorna PESO</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior
import math # Nota Ponderada - EF1 - Caso 2 def EF1CASO2(EF1): global RE, PESO RE = 70 if math.fabs(RE - EF1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EF1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EF1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EF1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO
Nota Ponderada - EV1
Blocos
Continua na próxima página

continuação da página anterior	
<pre> parâmetro [RE : número] parâmetro [EV1 : número] definir [PESO : número] para [0] se [absoluto de [RE] - [EV1]] = [0] definir [PESO] para [4] senão se [absoluto de [RE] - [EV1]] ≤ [10] definir [PESO] para [3] senão se [absoluto de [RE] - [EV1]] ≤ [20] definir [PESO] para [2] senão se [absoluto de [RE] - [EV1]] ≤ [30] definir [PESO] para [1] senão definir [PESO] para [0] fim retorna [PESO] </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 2 def EV1CASO2(EV1): global RE, PESO RE = 70 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
Nota Ponderada - EV2
Blocos

Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV2 - Caso 2 def EV2CASO2(EV2): global RE, PESO RE = (7 * math.pi) / 18 if EV2 == RE: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>

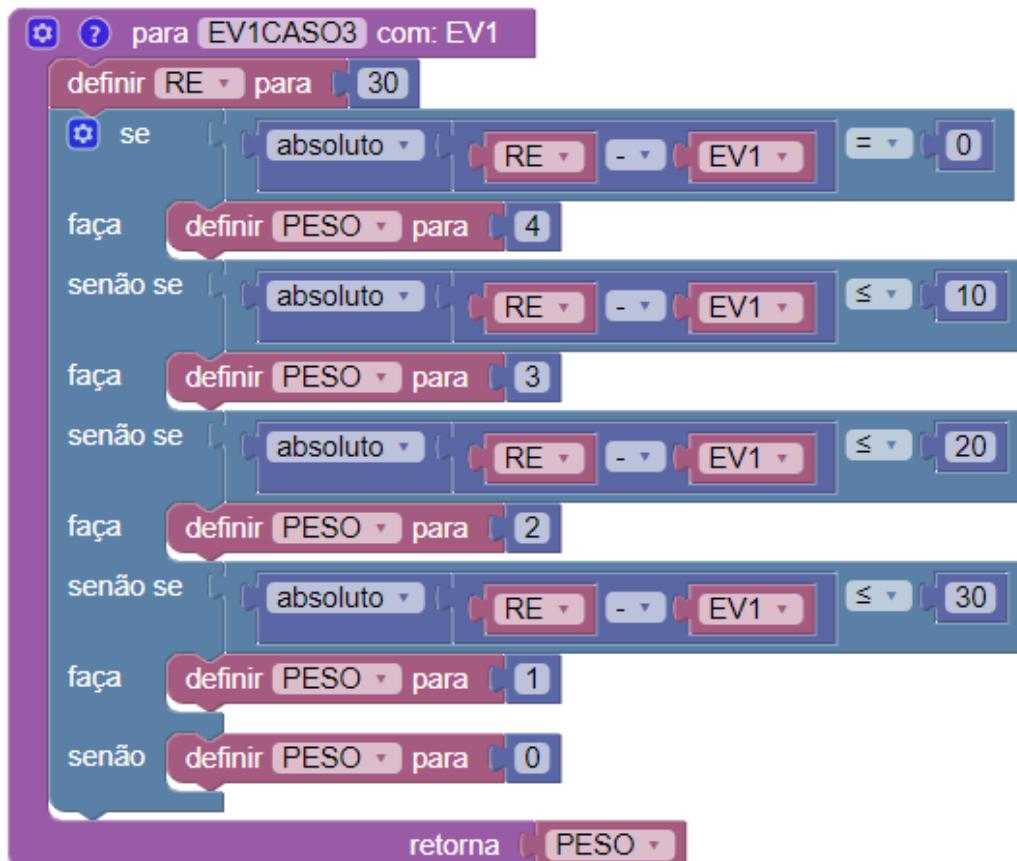
CASO DE TESTE 3
Nota Ponderada - EF1
Blocos

Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3
def EF1CASO3(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 30
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos



Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 3 def EV1CASO3(EV1): global RE, PESO RE = 30 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO3 com: EV2] definir [RE v] para [π ÷ 6] se [EV2 v] = [RE v] então definir [PESO v] para [4] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 18] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 9] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π ÷ 6] então definir [PESO v] para [1] senão definir [PESO v] para [0] retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 3
def EV2CASO3(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi / 6
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

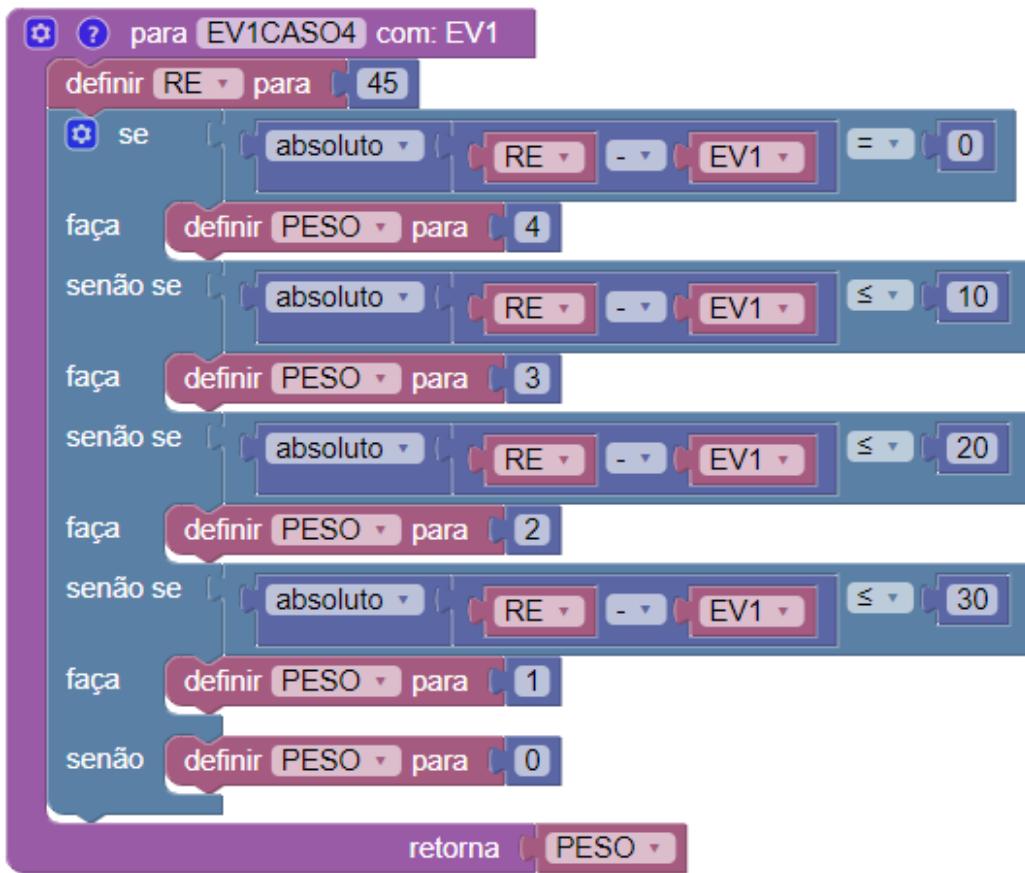
CASO DE TESTE 4
Nota Ponderada - EF1
Blocos
 <pre>para [EF1CASO4] com: EF1 definir [RE v] para [45] se [absoluto (RE - EF1) = 0] fazer [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 10] fazer [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 20] fazer [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 30] fazer [definir [PESO v] para [1]] senão definir [PESO v] para [0] fim retornar [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4
def EF1CASO4(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 45
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

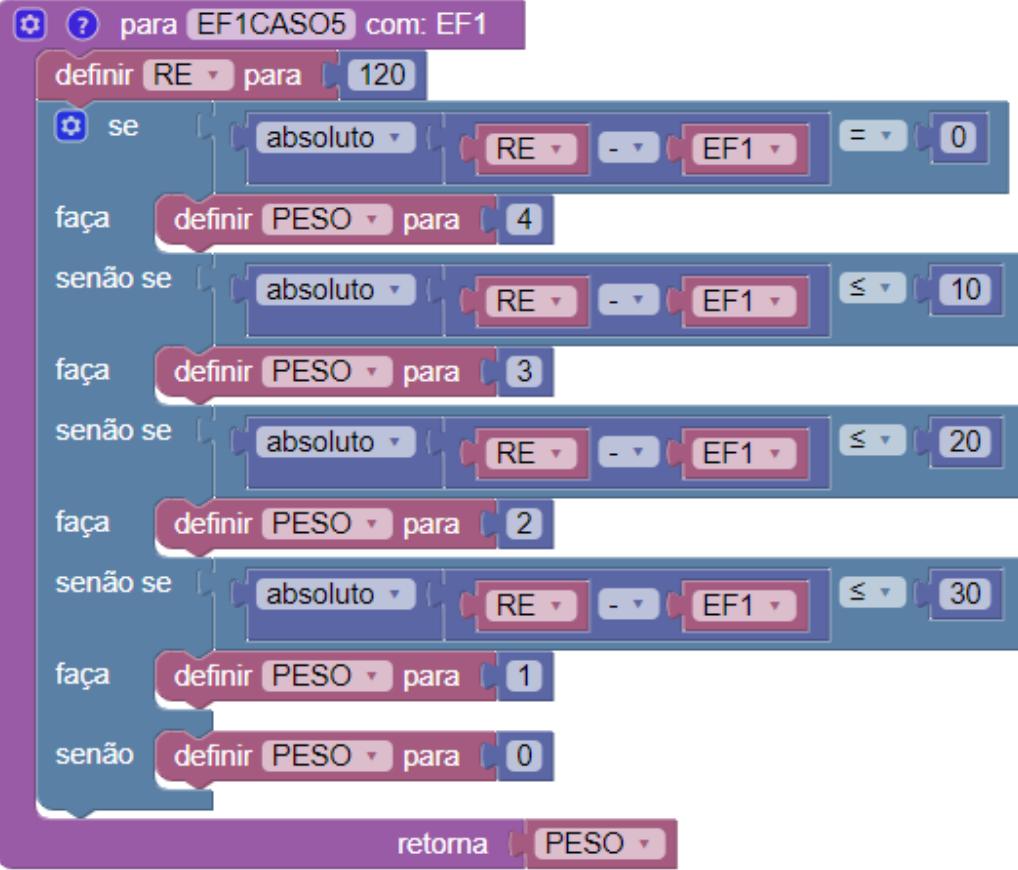


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 4 def EV1CASO4(EV1): global RE, PESO RE = 45 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre> para [EV2CASO4 com: EV2] definir [RE] para [π ÷ 4] se [EV2 = RE] faça [definir [PESO] para [4]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π ÷ 18] faça [definir [PESO] para [3]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π ÷ 9] faça [definir [PESO] para [2]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π ÷ 6] faça [definir [PESO] para [1]] senão definir [PESO] para [0] retorna [PESO] fim </pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 4
def EV2CASO4(EV2):
    global RE, PESO
    RE = math.pi / 4
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

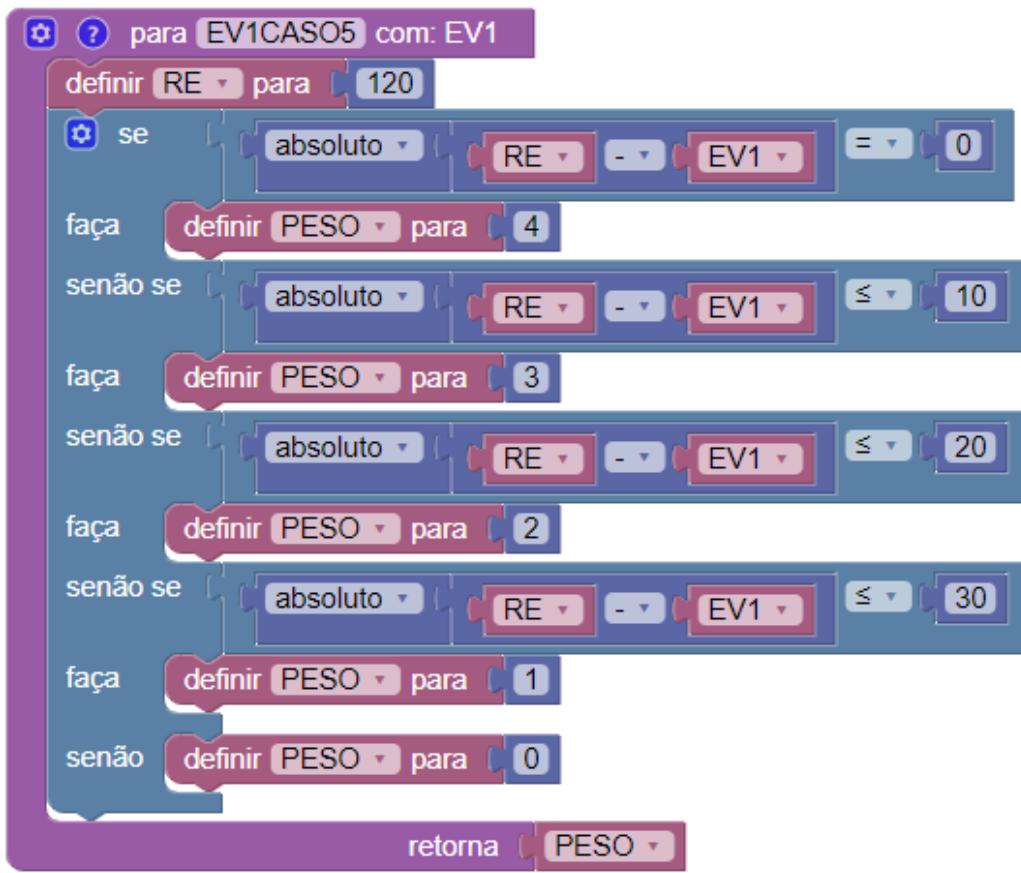
CASO DE TESTE 5	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 5
def EF1CASO5(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 120
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

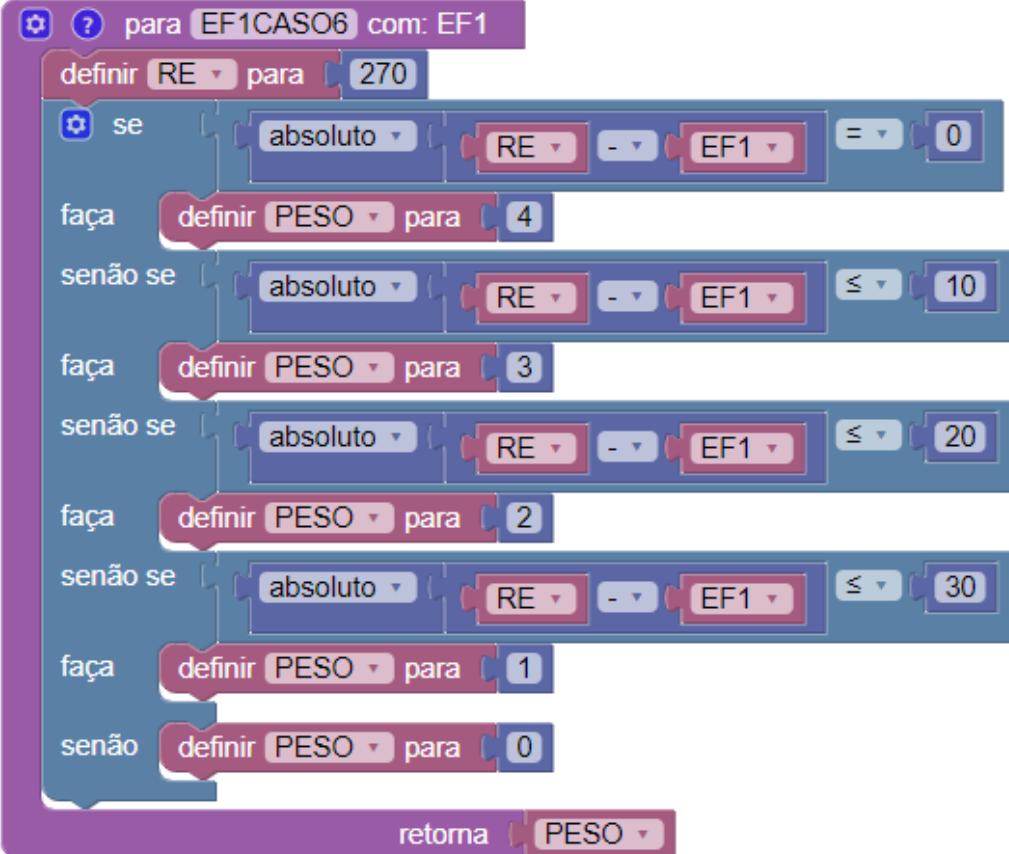


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 5 def EV1CASO5(EV1): global RE, PESO RE = 120 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre> para [EV2CASO5] com: EV2 definir [RE v] para [2 * π / 3] se [EV2 v] = [RE v] então [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π / 18] então [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π / 9] então [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [π / 6] então [definir [PESO v] para [1]] senão [definir [PESO v] para [0]] retorna [PESO v] end </pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

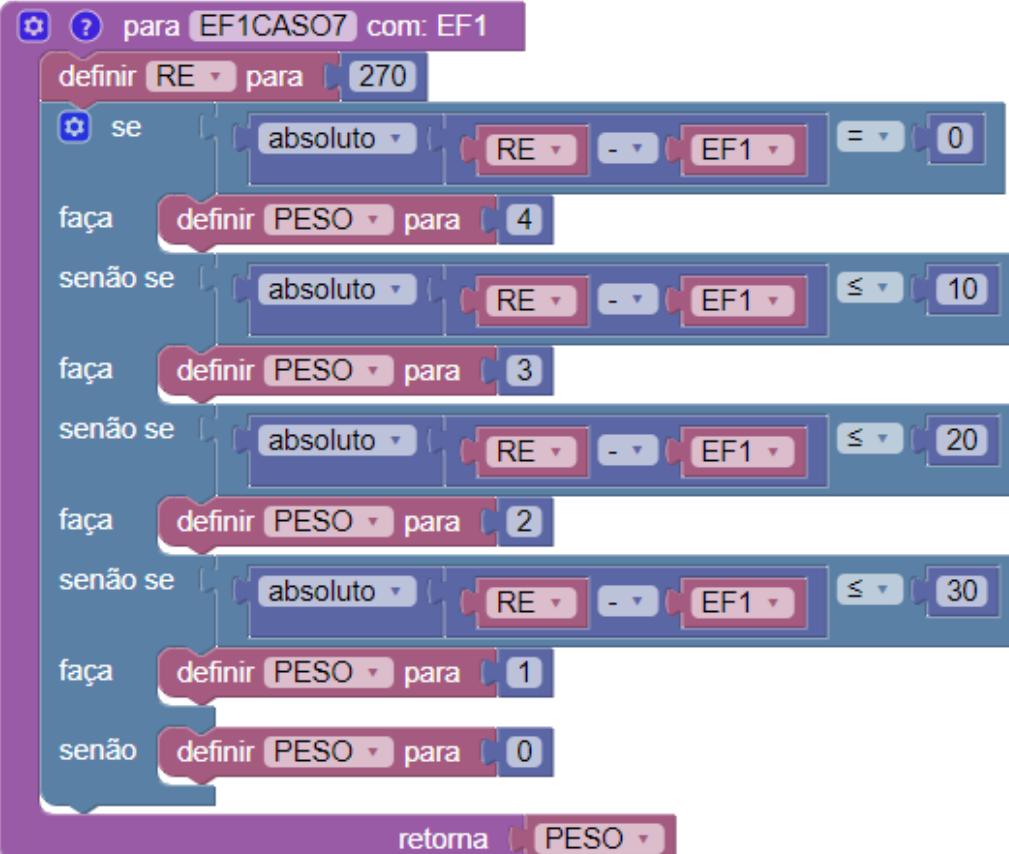
```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 5
def EV2CASO5(EV2):
    global RE, PESO
    RE = (2 * math.pi) / 3
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 6	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
import math # Nota Ponderada - Caso 6 def EF1CASO6(EF1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EF1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EF1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EF1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EF1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO
Nota Ponderada - EV1
Blocos
Continua na próxima página

continuação da página anterior	
<pre> parâmetro [RE : número] parâmetro [EV1 : número] definir [PESO : número] para [0] se [absoluto (RE - EV1) = 0] definir [PESO] para [4] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 10] definir [PESO] para [3] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 20] definir [PESO] para [2] senão se [absoluto (RE - EV1) ≤ 30] definir [PESO] para [1] senão definir [PESO] para [0] fim retorna [PESO] </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - Caso 6 def EV1CASO6(EV1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre> parar quando [EV2CASO6] com: EV2 definir [RE v] para [3 × π ÷ 2] se [EV2 = RE?] fazer [definir [PESO] para [4]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π / 18?] fazer [definir [PESO] para [3]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π / 9?] fazer [definir [PESO] para [2]] senão se [absoluto [RE - EV2] ≤ π / 6?] fazer [definir [PESO] para [1]] senão fazer [definir [PESO] para [0]] fim retornar [PESO] </pre>
Python gerado
<pre> import math # Nota Ponderada - EV2 - Caso 6 def EV2CASO6(EV2): global RE, PESO RE = (3 * math.pi) / 2 if EV2 == RE: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>

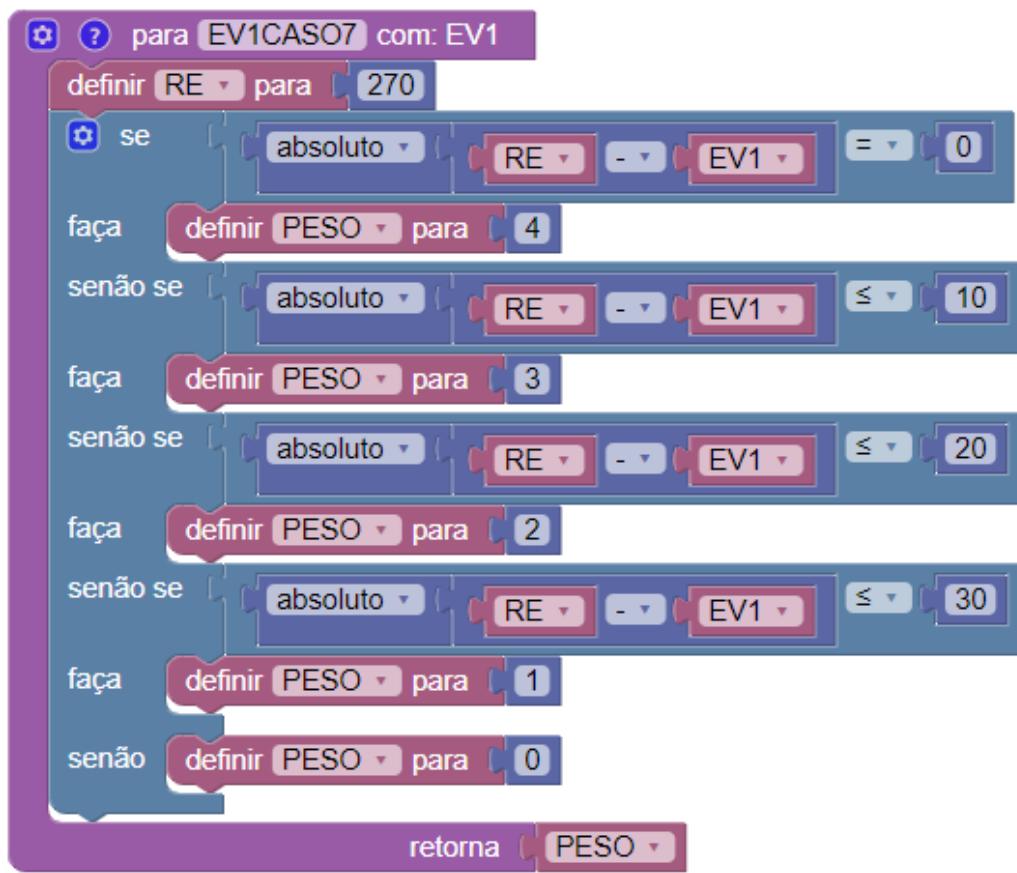
CASO DE TESTE 7	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 7
def EF1CASO7(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 270
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos

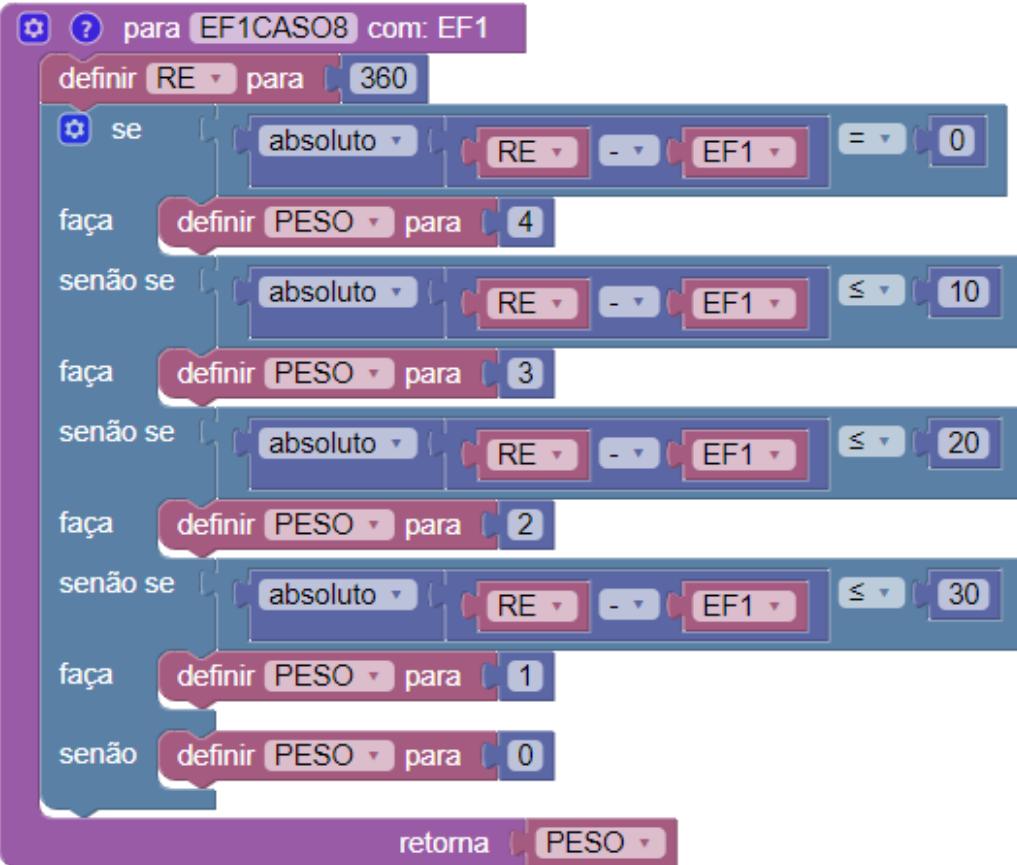


Continua na próxima página

continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 7 def EV1CASO7(EV1): global RE, PESO RE = 270 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO7 com: EV2] definir [RE v] para [3 * π / 2] se [EV2 v] = [RE v] então [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [18] então [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [9] então [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto [RE v] - [EV2 v]] ≤ [6] então [definir [PESO v] para [1]] senão [definir [PESO v] para [0]] retorna [PESO v] end</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 7
def EV2CASO7(EV2):
    global RE, PESO
    RE = (3 * math.pi) / 2
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

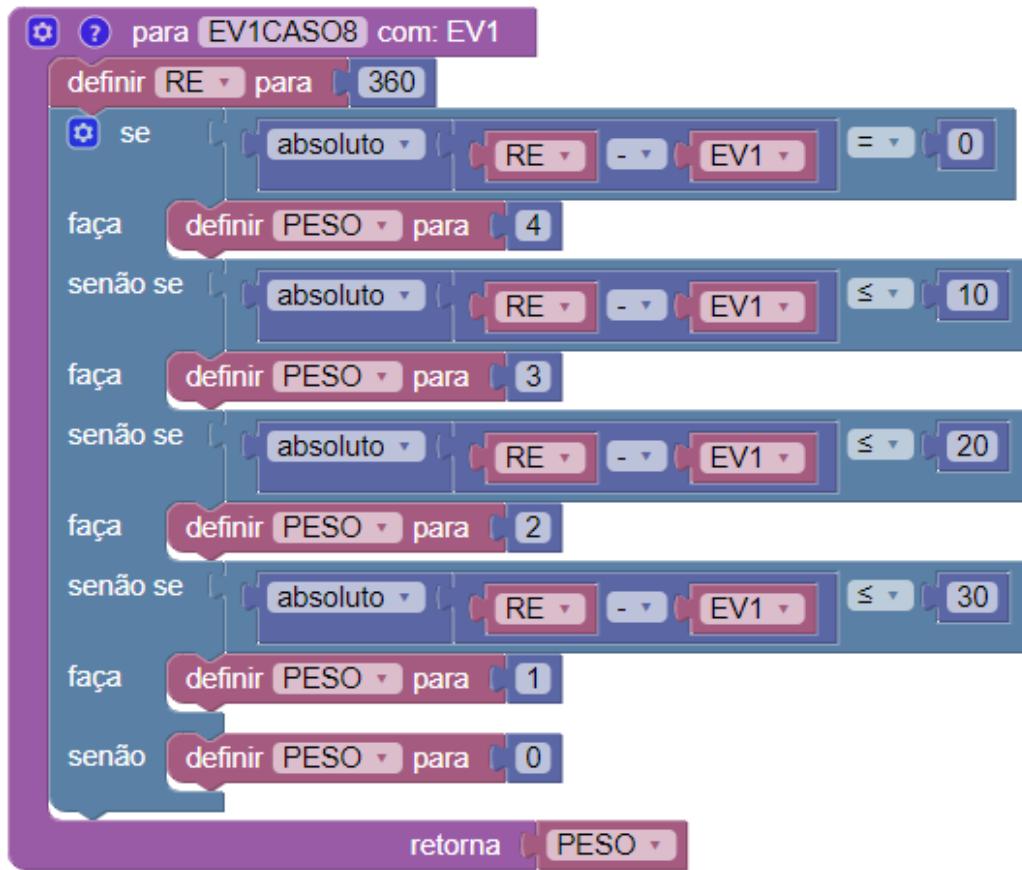
CASO DE TESTE 8	
Nota Ponderada - EF1	
Blocos	
 <pre>para [EF1CASO8] com: EF1 definir [RE v] para [360] se [absoluto (RE - EF1) = 0] faça [definir [PESO v] para [4]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 10] faça [definir [PESO v] para [3]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 20] faça [definir [PESO v] para [2]] senão se [absoluto (RE - EF1) ≤ 30] faça [definir [PESO v] para [1]] senão definir [PESO v] para [0] retorna [PESO v]</pre>	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 8
def EF1CASO8(EF1):
    global RE, PESO
    RE = 360
    if math.fabs(RE - EF1) == 0:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 10:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 20:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EF1) <= 30:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Nota Ponderada - EV1

Blocos



Continua na próxima página

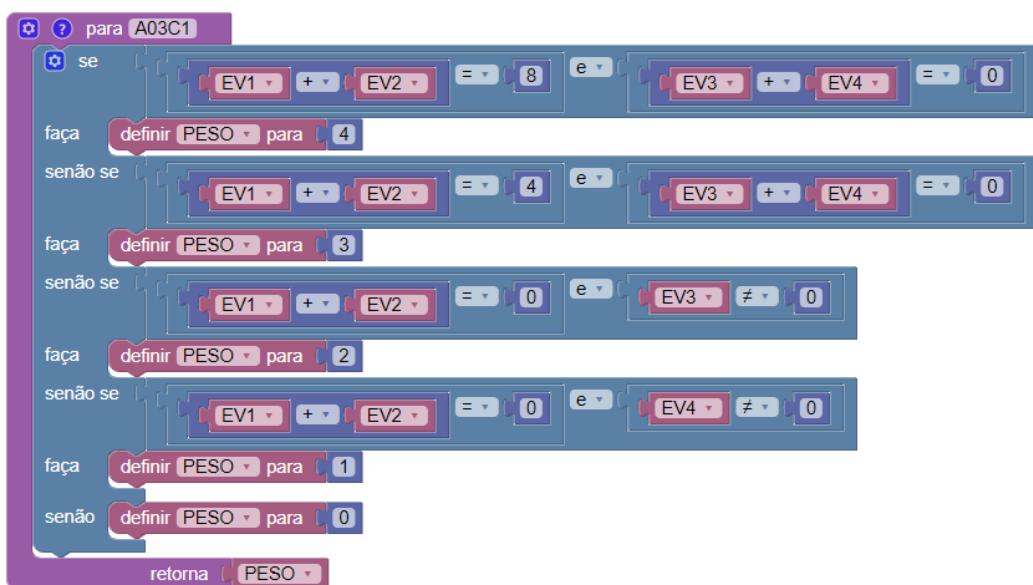
continuação da página anterior
Python gerado
<pre>import math # Nota Ponderada - EV1 - Caso 8 def EV1CASO8(EV1): global RE, PESO RE = 360 if math.fabs(RE - EV1) == 0: PESO = 4 elif math.fabs(RE - EV1) <= 10: PESO = 3 elif math.fabs(RE - EV1) <= 20: PESO = 2 elif math.fabs(RE - EV1) <= 30: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>
Nota Ponderada - EV2
Blocos
<pre>para [EV2CASO8 com: EV2] definir [RE v] para [360] se [EV2 v] = [RE v] então definir [PESO v] para [4] senão se [absoluto (RE v) - (EV2 v)] ≤ [18] então definir [PESO v] para [3] senão se [absoluto (RE v) - (EV2 v)] ≤ [9] então definir [PESO v] para [2] senão se [absoluto (RE v) - (EV2 v)] ≤ [6] então definir [PESO v] para [1] senão então definir [PESO v] para [0] fim retorna [PESO v]</pre>
Python gerado
Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EV2 - Caso 8
def EV2CASO8(EV2):
    global RE, PESO
    RE = 2 * math.pi
    if EV2 == RE:
        PESO = 4
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 18:
        PESO = 3
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 9:
        PESO = 2
    elif math.fabs(RE - EV2) <= math.pi / 6:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Apêndice K

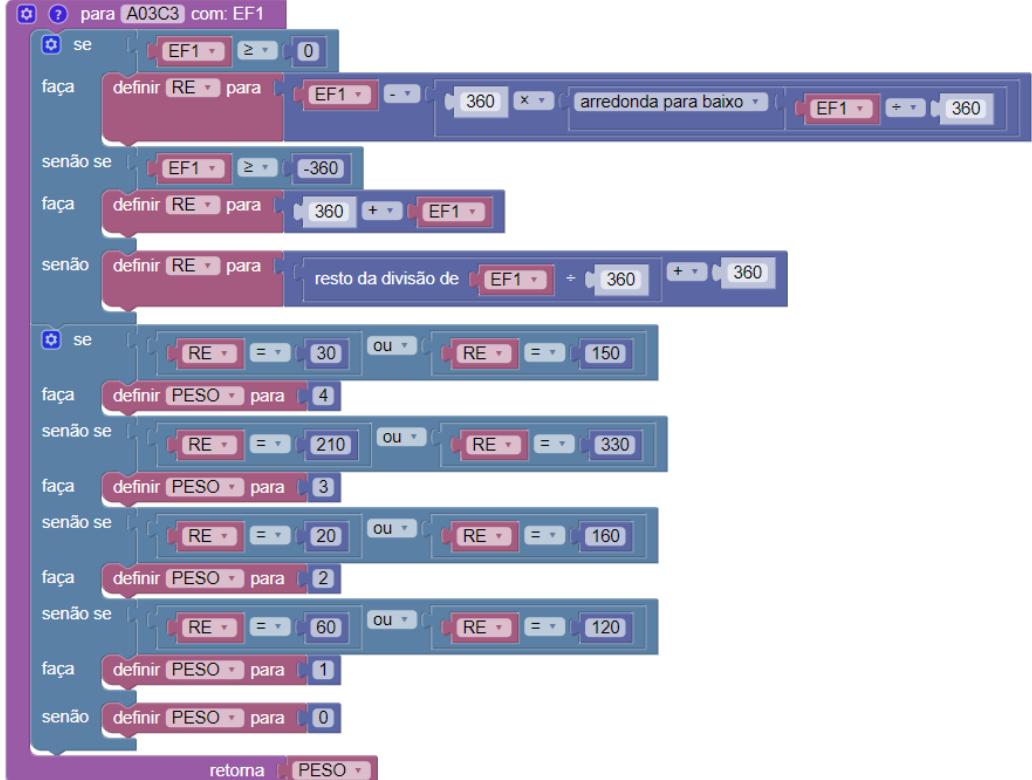
OTA - Exercício 3 - Analíticos

CASO DE TESTE 1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

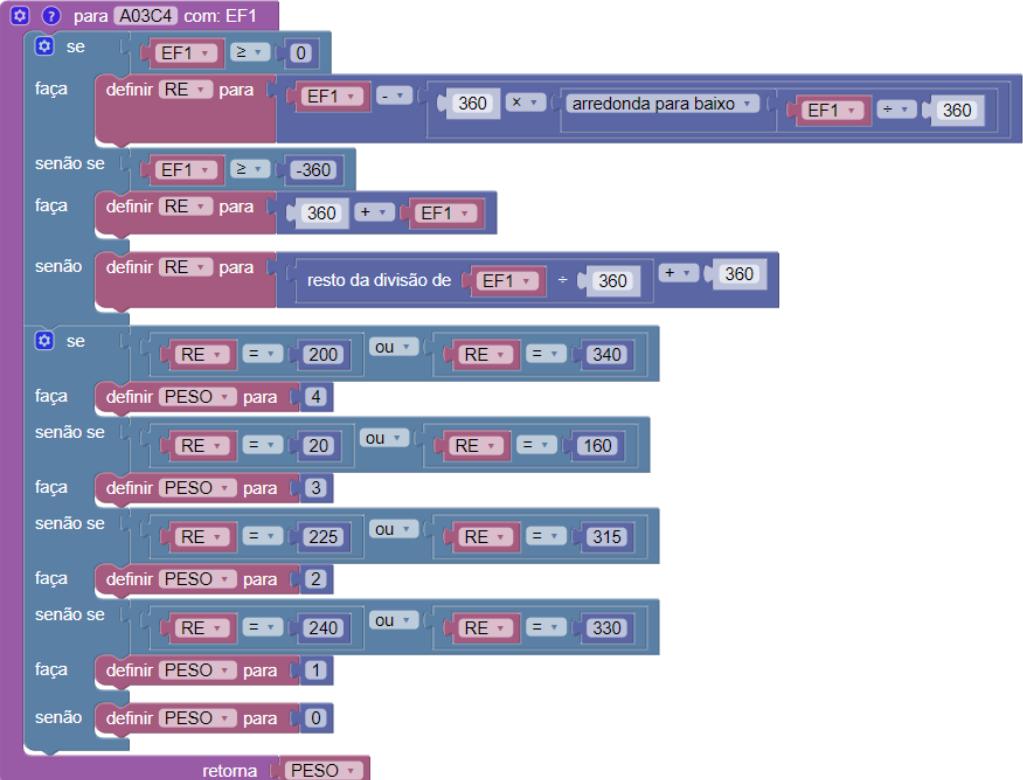
```
import math
def A03C1():
    global PESO, EV3, EV4, EV1, EV2
    if EV1 + EV2 == 8 and EV3 + EV4 == 0:
        PESO = 4
    elif EV1 + EV2 == 4 and EV3 + EV4 == 0:
        PESO = 3
    elif EV1 + EV2 == 0 and EV3 != 0:
        PESO = 2
    elif EV1 + EV2 == 0 and EV4 != 0:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 2	
Blocos	
<pre> parâmetro [A03C2] se [EV1 + EV2 + EV5 = 12 e EV3 + EV4 = 0] definir [PESO] para 4 senão se [EV1 + EV2 + EV5 = 8 e EV3 + EV4 = 0] definir [PESO] para 3 senão se [EV1 + EV2 + EV5 = 4 e EV3 + EV4 = 0] definir [PESO] para 2 senão se [EV1 + EV2 + EV5 ≤ 8 e EV3 + EV4 = 2] definir [PESO] para 1 senão definir [PESO] para 0 retorna [PESO] </pre>	
Python gerado	
<pre> import math def A03C2(): global PESO, EV5, EV3, EV4, EV1, EV2 if (EV1 + EV2) + EV5 == 12 and EV3 + EV4 == 0: PESO = 4 elif (EV1 + EV2) + EV5 == 8 and EV3 + EV4 == 0: PESO = 3 elif (EV1 + EV2) + EV5 == 4 and EV3 + EV4 == 0: PESO = 2 elif (EV1 + EV2) + EV5 <= 8 and EV3 + EV4 == 2: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	

CASO DE TESTE 3	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

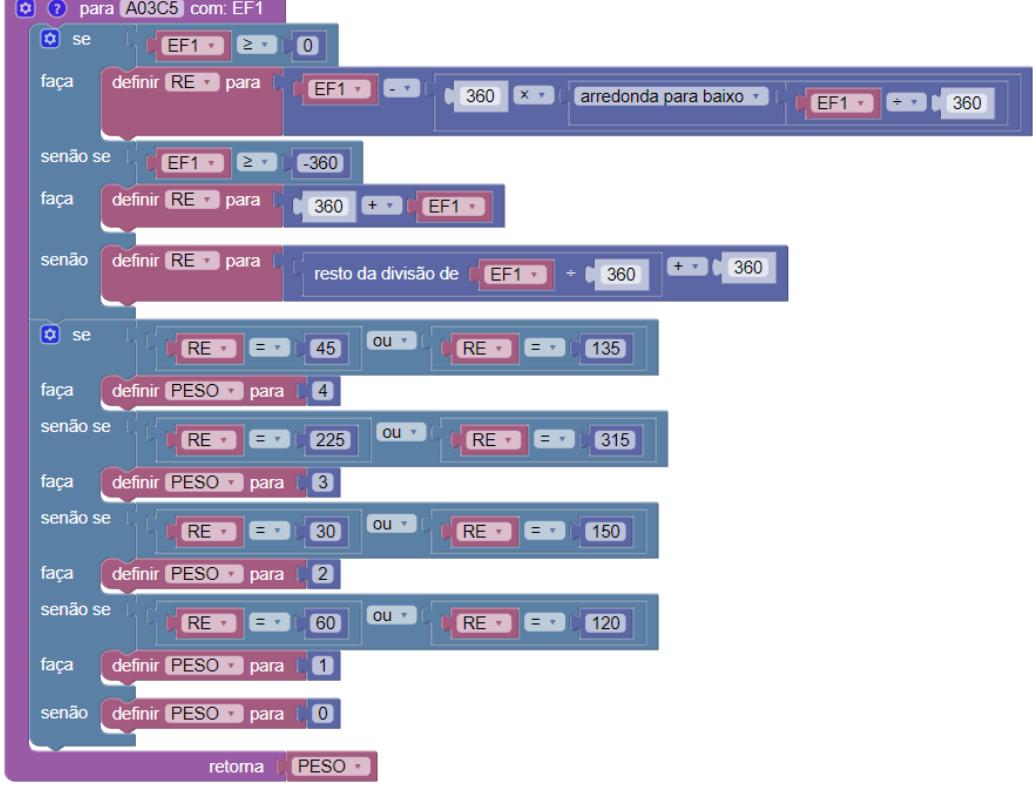
continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3
def A03C3(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 30 or RE == 150:
        PESO = 4
    elif RE == 210 or RE == 330:
        PESO = 3
    elif RE == 20 or RE == 160:
        PESO = 2
    elif RE == 60 or RE == 120:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 4	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

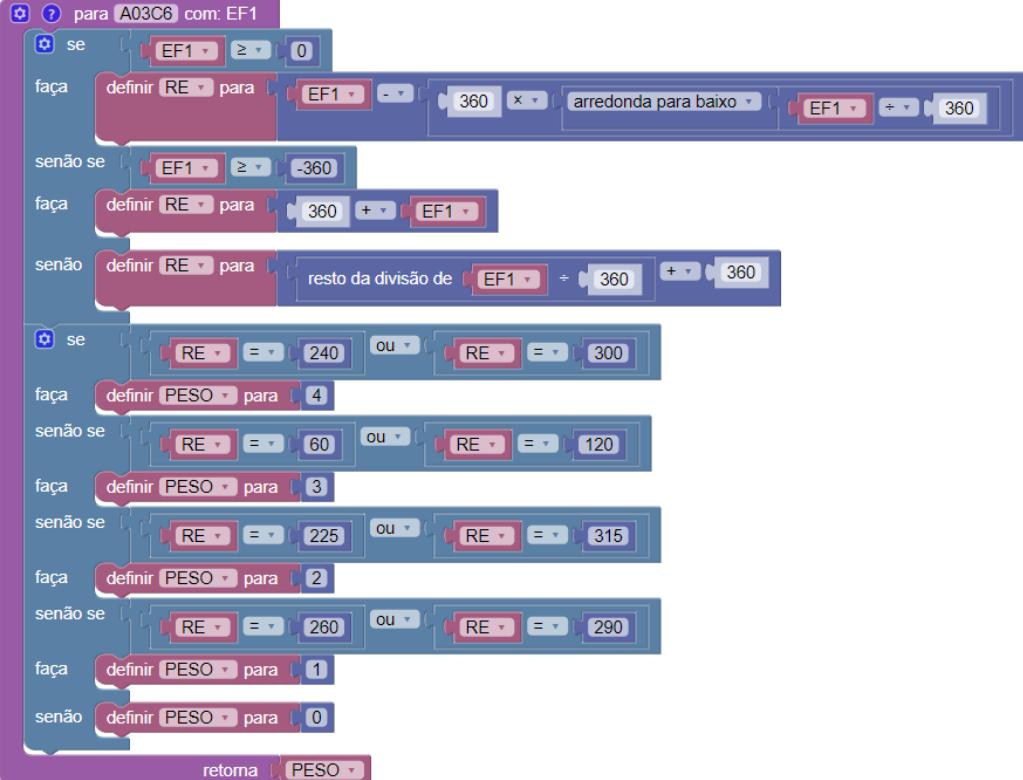
continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4
# Redução ao primeiro quadrante
def A03C4(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 200 or RE == 340:
        PESO = 4
    elif RE == 20 or RE == 160:
        PESO = 3
    elif RE == 225 or RE == 315:
        PESO = 2
    elif RE == 240 or RE == 330:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 5	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 5
# Redução ao primeiro quadrante
def A03C5(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 45 or RE == 135:
        PESO = 4
    elif RE == 225 or RE == 315:
        PESO = 3
    elif RE == 30 or RE == 150:
        PESO = 2
    elif RE == 60 or RE == 120:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

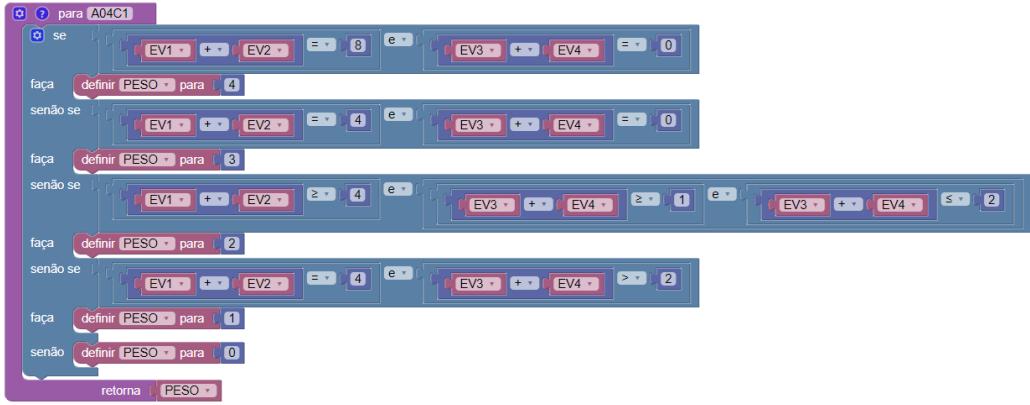
CASO DE TESTE 6	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

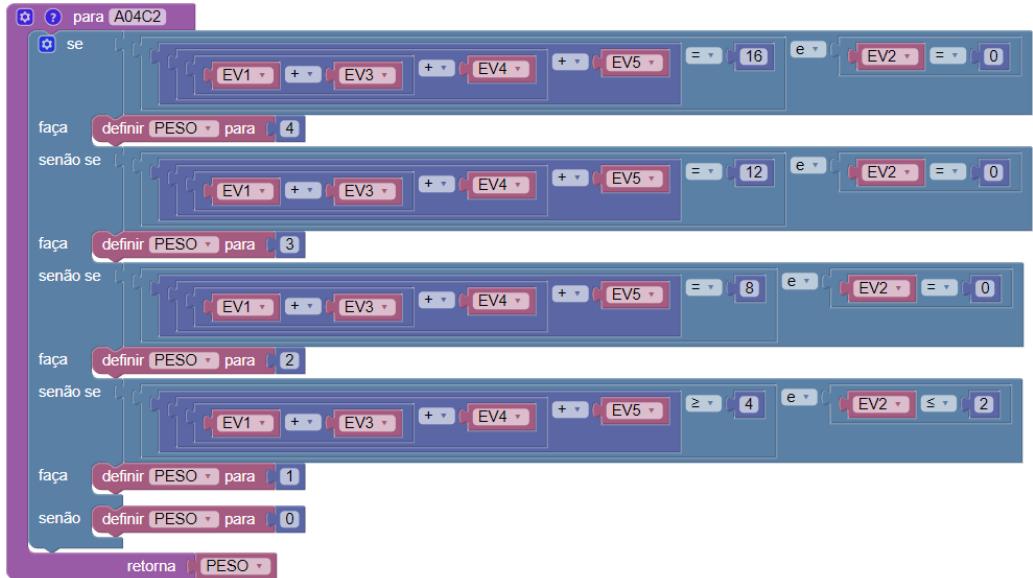
continuação da página anterior

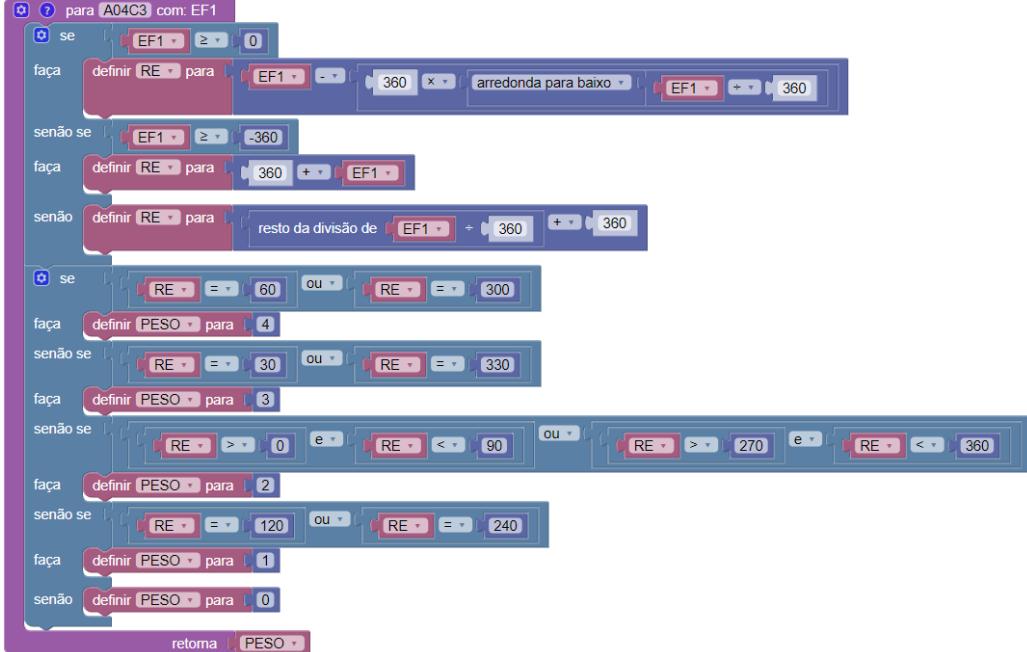
```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 6
# Redução ao primeiro quadrante
def EF1CASO6(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 240 or RE == 300:
        PESO = 4
    elif RE == 60 or RE == 120:
        PESO = 3
    elif RE == 225 or RE == 315:
        PESO = 2
    elif RE == 260 or RE == 290:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Apêndice L

OTA - Exercício 4 - Analíticos

CASO DE TESTE 1	
Blocos	
	
Python gerado	
<pre>def A04C1(): global PESO, EV1, EV2, EV3, EV4 if EV1 + EV2 == 8 and EV3 + EV4 == 0: PESO = 4 elif EV1 + EV2 == 4 and EV3 + EV4 == 0: PESO = 3 elif EV1 + EV2 >= 4 and EV3 + EV4 >= 1 and EV3 + EV4 <= 2: PESO = 2 elif EV1 + EV2 == 4 and EV3 + EV4 > 2: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>	

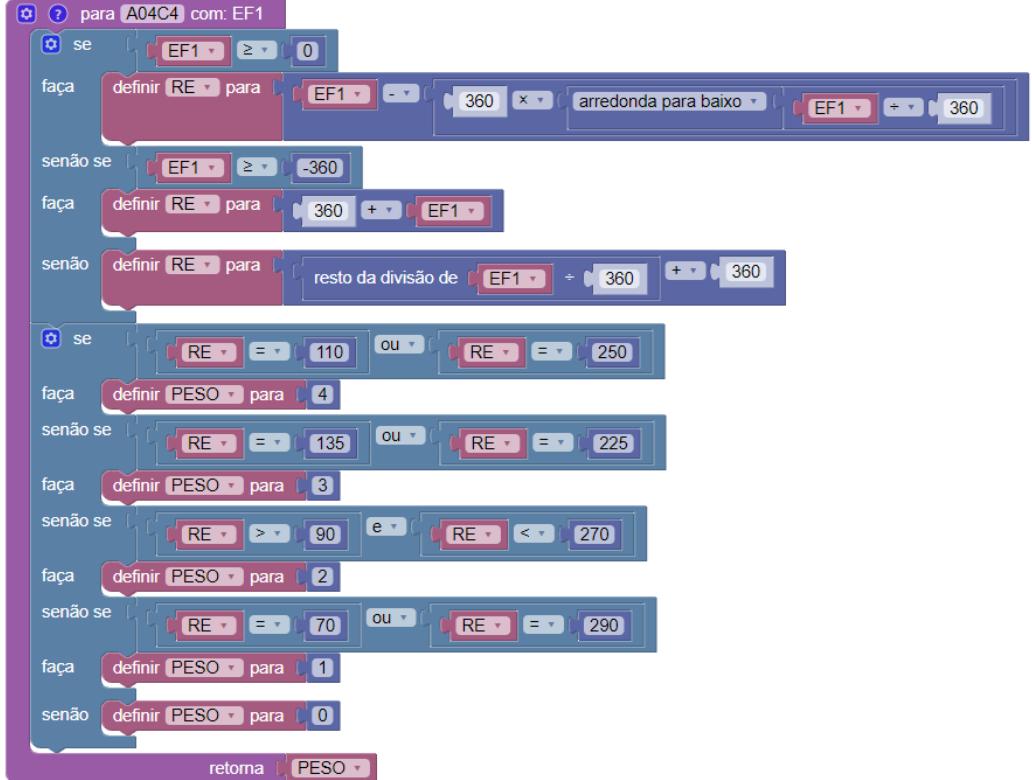
CASO DE TESTE 2	
Blocos	
	
Python gerado	
<pre>def A04C2(): global PESO, EV2, EV5, EV4, EV1, EV3 if ((EV1 + EV3) + EV4) + EV5 == 16 and EV2 == 0: PESO = 4 elif ((EV1 + EV3) + EV4) + EV5 == 12 and EV2 == 0: PESO = 3 elif ((EV1 + EV3) + EV4) + EV5 == 8 and EV2 == 0: PESO = 2 elif ((EV1 + EV3) + EV4) + EV5 >= 4 and EV2 <= 2: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO</pre>	

CASO DE TESTE 3	
Blocos	
	
Python gerado	

Continua na próxima página

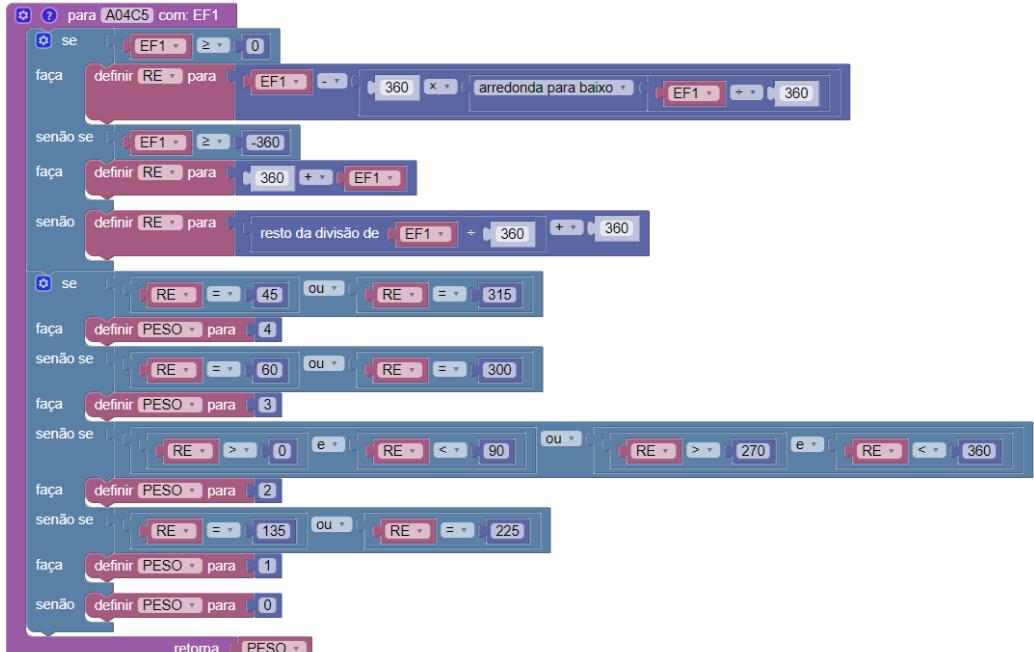
continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 3 - A04
def A04C3(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 60 or RE == 300:
        PESO = 4
    elif RE == 30 or RE == 330:
        PESO = 3
    elif RE > 0 and RE < 90 or RE > 270 and RE < 360:
        PESO = 2
    elif RE == 120 or RE == 240:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 4	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

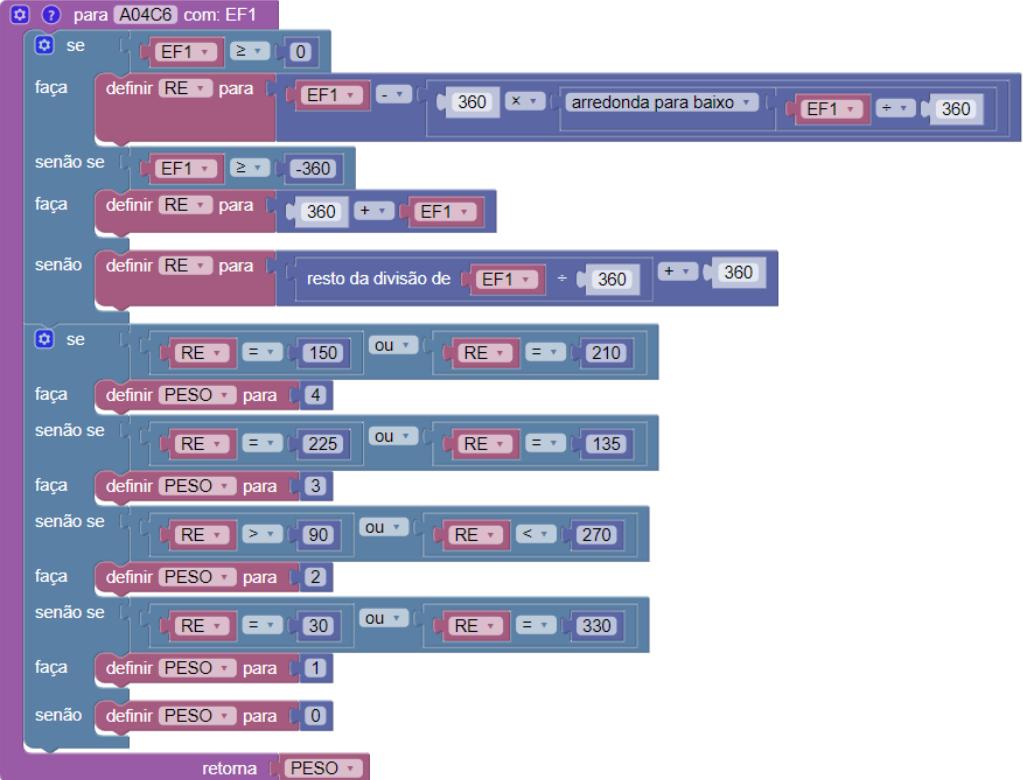
continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 4 - A04
def A04C4(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 110 or RE == 250:
        PESO = 4
    elif RE == 135 or RE == 225:
        PESO = 3
    elif RE > 90 and RE < 270:
        PESO = 2
    elif RE == 70 or RE == 290:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 5	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 5 - A04
def A04C5(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 45 or RE == 315:
        PESO = 4
    elif RE == 60 or RE == 300:
        PESO = 3
    elif RE > 0 and RE < 90 or RE > 270 and RE < 360:
        PESO = 2
    elif RE == 135 or RE == 225:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

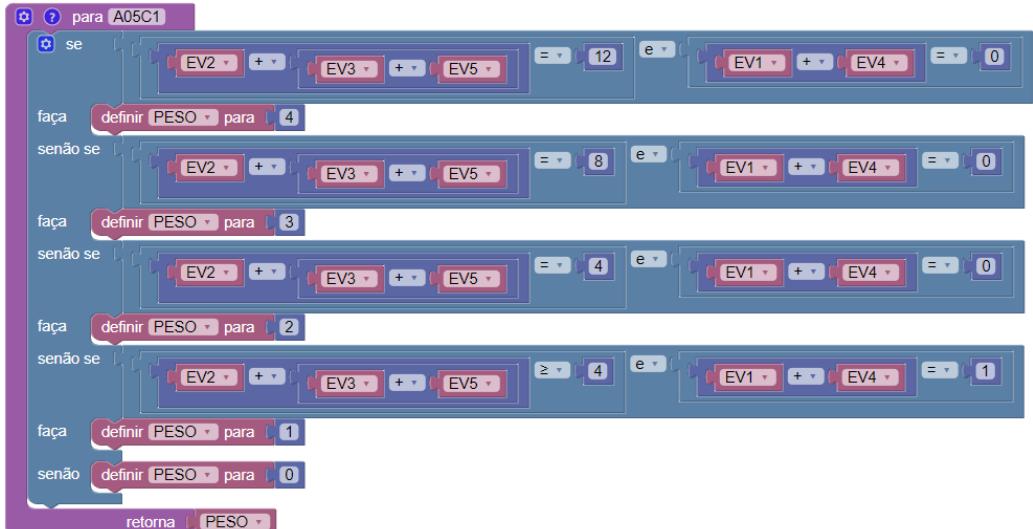
CASO DE TESTE 6	
Blocos	
	
Python gerado	
	Continua na próxima página

continuação da página anterior

```
import math
# Nota Ponderada - EF1 - Caso 6
# Redução ao primeiro quadrante
def A04C6(EF1):
    global PESO, RE
    if EF1 >= 0:
        RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360)
    elif EF1 >= -360:
        RE = 360 + EF1
    else:
        RE = EF1 % 360 + 360
    if RE == 150 or RE == 210:
        PESO = 4
    elif RE == 225 or RE == 135:
        PESO = 3
    elif RE > 90 or RE < 270:
        PESO = 2
    elif RE == 30 or RE == 330:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

Apêndice M

OTA - Exercício 5 - Analíticos

CASO DE TESTE 1	
Blocos	
	
Python gerado	
Continua na próxima página	

continuação da página anterior

```
# CASO1 - A05
def A05C1():
    global PESO, EV2, EV1, EV4, EV3, EV5
    if EV2 + (EV3 + EV5) == 12 and EV1 + EV4 == 0:
        PESO = 4
    elif EV2 + (EV3 + EV5) == 8 and EV1 + EV4 == 0:
        PESO = 3
    elif EV2 + (EV3 + EV5) == 4 and EV1 + EV4 == 0:
        PESO = 2
    elif EV2 + (EV3 + EV5) >= 4 and EV1 + EV4 == 1:
        PESO = 1
    else:
        PESO = 0
    return PESO
```

CASO DE TESTE 2	
Blocos	
<pre> para A05C2 se [EV2 + EV3 + EV4 = 12] e [EV1 + EV5 = 0] definir PESO para 4 senão se [EV2 + EV3 + EV4 = 8] e [EV1 + EV5 = 0] definir PESO para 3 senão se [EV2 + EV3 + EV4 = 4] e [EV1 + EV5 = 0] definir PESO para 2 senão se [EV2 + EV3 + EV4 >= 4] e [EV1 + EV5 = 2] definir PESO para 1 senão definir PESO para 0 retorna PESO </pre>	
Python gerado	
<pre> # CASO2 - A05 def A05C2(): global PESO, EV2, EV1, EV5, EV3, EV4 if EV2 + (EV3 + EV4) == 12 and EV1 + EV5 == 0: PESO = 4 elif EV2 + (EV3 + EV4) == 8 and EV1 + EV5 == 0: PESO = 3 elif EV2 + (EV3 + EV4) == 4 and EV1 + EV5 == 0: PESO = 2 elif EV2 + (EV3 + EV4) >= 4 and EV1 + EV5 == 2: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	

CASO DE TESTE 3	
Blocos	
<pre> para A05C3 com: EF1 se [EF1 >= 0] definir [RE] para [EF1 - (360 * arredonda para baixo de [EF1 / 360])] senão se [EF1 >= -360] definir [RE] para [360 + EF1] senão definir [RE] para [resto da divisão de [EF1 + 360] por 360] se [RE = 45 ou RE = 225] definir [PESO] para [4] senão se [RE = 315 ou RE = 135] definir [PESO] para [2] senão se [RE > 0 e RE < 90 ou RE > 180 e RE < 270] definir [PESO] para [1] senão definir [PESO] para [0] retorna [PESO] fim </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - EF1 - Caso 3 - A05 def A05C3(EF1): global PESO, RE if EF1 >= 0: RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360) elif EF1 >= -360: RE = 360 + EF1 else: RE = EF1 % 360 + 360 if RE == 45 or RE == 225: PESO = 4 elif RE == 315 or RE == 135: PESO = 2 elif RE > 0 and RE < 90 or RE > 180 and RE < 270: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	

CASO DE TESTE 4	
Blocos	
<pre> para A05C4 com: EF1 se [EF1 ≥ 0] faça definir [RE] para [EF1 - (360 * arredonda para baixo de [EF1 / 360])] senão se [EF1 ≥ -360] faça definir [RE] para [360 + EF1] senão definir [RE] para [resto da divisão de [EF1] por 360] se [RE = 170 ou RE = 350] faça definir [PESO] para [4] senão se [RE = 10 ou RE = 190] faça definir [PESO] para [2] senão se [RE > 90 e RE < 180 ou RE > 270 e RE < 360] faça definir [PESO] para [1] senão definir [PESO] para [0] retorna [PESO] </pre>	
Python gerado	
<pre> import math # Nota Ponderada - EF1 - Caso 4 - A05 def A05C4(EF1): global PESO, RE if EF1 >= 0: RE = EF1 - 360 * math.floor(EF1 / 360) elif EF1 >= -360: RE = 360 + EF1 else: RE = EF1 % 360 + 360 if RE == 170 or RE == 350: PESO = 4 elif RE == 10 or RE == 190: PESO = 2 elif RE > 90 and RE < 180 or RE > 270 and RE < 360: PESO = 1 else: PESO = 0 return PESO </pre>	

Apêndice N

Formulário de Experiência do Usuário

O formulário está disponível através do hiperlink: <https://bit.ly/31nAjTj>.

The screenshot shows a survey titled "Avaliação da Experiência de Uso do OFVA". The title is displayed prominently at the top. Below the title, there is a descriptive text: "Você utilizou um Objeto Físico-Virtual de Aprendizagem (OFVA) para estudar sobre círculo trigonométrico e relações envolvendo ângulos, seno, cosseno e tangente." This is followed by instructions: "Com base no uso deste objeto de aprendizagem, selecione seu grau de concordância com as afirmações a seguir, onde cada grau corresponde a:". A list of seven options follows, ranging from "1 - Discordo Totalmente" to "7 - Concordo Totalmente". Below this section, there is a field for email with placeholder text "Seu e-mail" and a note "gabriel.leitao@icomp.ufam.edu.br Alterar conta". A red asterisk indicates this is a required field. Further down, there is a field for "Nome do Participante" with placeholder text "Sua resposta". At the bottom of the form, there are buttons for "Próxima", a progress bar, "Página 1 de 5", and "Limpar formulário".

Figura N.1: Tela 1 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário

Avaliação da Experiência de Uso do OFVA

gabriel.leitao@icomp.ufam.edu.br [Alternar conta](#) 

*Obrigatório

UTILIDADE PERCEBIDA

(UP1) Estudar com OFVA melhora minha participação na aula *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(UP2) Usar OFVA na aula aumenta o entendimento do conteúdo estudado *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(UP3) Usar OFVA melhora meu aprendizado do conteúdo estudado *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(UP4) Eu acho útil estudar usando OFVA *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

[Voltar](#) [Próxima](#)  Página 2 de 5 [Limpar formulário](#)

Figura N.2: Tela 2 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário

Avaliação da Experiência de Uso do OFVA

gabriel.leitao@icomp.ufam.edu.br [Alternar conta](#) 

*Obrigatório

SATISFAÇÃO PERCEBIDA

(SP1) Acho que estudar usando OFVA é prazeroso. *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(SP2) O processo de usar OFVA é agradável *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(SP3) Eu me divirto estudando com OFVA *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

[Voltar](#) [Próxima](#)  Página 3 de 5 [Limpar formulário](#)

Figura N.3: Tela 3 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário

Avaliação da Experiência de Uso do OFVA

gabriel.leitao@icomp.ufam.edu.br [Alternar conta](#) 

*Obrigatório

INTENÇÃO DE USO

(IU1) Assumindo que eu tenha acesso a um OFVA, eu pretendo usá-lo para estudar *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(IU2) Dado que eu tenha acesso a um OFVA, eu prevejo que eu o usaria para estudar *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

(IU3) Eu pretendo usar um OFVA para estudar nos próximos meses. *

1 2 3 4 5 6 7

Discordo Totalmente Concordo Totalmente

[Voltar](#) [Próxima](#) Página 4 de 5 [Limpar formulário](#)

Figura N.4: Tela 4 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário

Avaliação da Experiência de Uso do OFVA

gabriel.leitao@icomp.ufam.edu.br [Alternar conta](#) 

PERGUNTAS

Você se sentiu à vontade ao estudar com o OFVA? Porque?

Sua resposta

O que foi fácil ao usar o OFVA Quadro Trigonométrico?

Sua resposta

O que foi difícil ao usar o OFVA Quadro Trigonométrico?

Sua resposta

O que você mudaria para melhorar o OFVA Quadro Trigonométrico?

Sua resposta

[Voltar](#) [Enviar](#) Página 5 de 5 [Limpar formulário](#)

Figura N.5: Tela 5 - Apresentação do Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário