

# **Abordagem metodológica no ensino de Arquitetura de Computadores: uma proposta na Licenciatura em Computação**

## **Title:**

Carlos Roberto Beleti Junior  
Licenciatura em Computação  
Campus Jandaia do Sul  
Universidade Federal do Paraná  
carlosbeleti@ufpr.br

Robertino Mendes Santiago Junior  
Licenciatura em Computação  
Campus Jandaia do Sul  
Universidade Federal do Paraná  
robertino@ufpr.br

Alexandre Prusch Züge  
Licenciatura em Computação  
Campus Jandaia do Sul  
Universidade Federal do Paraná  
alexandrezuge@ufpr.br

Camila Andrade de Macedo  
Licenciatura em Computação  
Campus Jandaia do Sul  
Universidade Federal do Paraná  
camila.macedo@ufpr.br

Vitor Hugo Santos Alencar  
Licenciatura em Computação  
Campus Jandaia do Sul  
Universidade Federal do Paraná  
vitor.alencar@ufpr.br

## **Resumo.**

Este meta-artigo descreve o estilo a ser usado na confecção de artigos e resumos de artigos para publicação nos anais das conferências organizadas pela SBC. É solicitada a escrita de resumo e abstract apenas para os artigos escritos em português. Artigos em inglês deverão apresentar apenas abstract. Nos dois casos, o autor deve tomar cuidado para que o resumo (e o abstract) não ultrapassem 10 linhas cada, sendo que ambos devem estar na primeira página do artigo.

## **Palavras-Chave:**

## **Abstract.**

This meta-paper describes the style to be used in articles and short papers for SBC conferences. For papers in English, you should add just an abstract while for the papers in Portuguese, we also ask for an abstract in Portuguese (“resumo”). In both cases, abstracts should not have more than 10 lines and must be in the first page of the paper.

## **Keywords:**

# 1. Introdução

Com os rápidos e crescentes avanços tecnológicos, encontramos-nos diariamente permeados por sistemas e máquinas computacionais, seja na vida pessoal ou profissional, tornando-se fundamental o conhecimento sobre tecnologia nas diversas áreas do conhecimento.

A partir da metade do século XX, os computadores evoluíram e tornaram-se vitais para a sociedade. Atualmente no Brasil, os smartphones superaram o número de habitantes chegando a 220 milhões e, quando somados aos computadores, notebooks e tablets, tem-se a impressionante marca de 394 milhões de dispositivos, cerca de 1,9 dispositivo por habitante (MEIRELLES, 2018).

Tais números sugerem que o contato do brasileiro com máquinas computacionais aumentou significativamente nos últimos anos e atualmente, pessoas se relacionam diariamente com tais máquinas, sejam utilizando-as como instrumentos de trabalho, como entretenimento ou para comunicação. Assim, torna-se fundamental um conhecimento, mesmo que minimalista, sobre o funcionamento das máquinas computacionais e seus componentes, haja vista que estas pessoas podem querer compreender qual a configuração ideal de computador que será capaz de suprir suas necessidades ou quais os motivos de um computador ter melhor desempenho em relação a outro, por exemplo (MACEDO et al., 2018).

Em face do exposto, surgiu em 2014 o projeto de extensão intitulado “Por dentro do computador: uma experiência de popularização da Arquitetura de Computadores” no campus avançado em Jandaia do Sul da Universidade Federal do Paraná, em que estão vinculados estudantes e docentes do curso de Licenciatura em Computação.

Este projeto tem como proposta divulgar o conhecimento computacional sobre Arquitetura de Computadores (AC) para públicos não iniciados e sem interesse puramente técnico (ALVES et al., 2018), tratando-se de uma contribuição significativa para a comunidade brasileira, uma vez que em buscas realizadas em importantes bases de dados científicas, periódicos e anais de eventos científicos da área (IEEE Xplore Digital Library, Elsevier Science Direct, ACM Digital Library e Springer Link), não foi encontrado nenhuma iniciativa desta natureza no Brasil. Ao contrário, os trabalhos estão mais relacionadas com o ensino de Arquitetura de Computadores em cursos técnicos ou de graduação, como pode-se confirmar em publicações recentes (KURNIAWAN; ICHSAN, 2017, ZEFERINO; VIEIRA, 2017, COSTA; BERNARDO; de LUCENA, 2018, MENDES et al. 2018, BROX et al. 2018, RADIVOJEVIC; STANISAVLJEVIC; PUNT, 2018, MAEDA et al. 2018, TOPALOG; SAHIN; ULUYOL, 2018, QIN et al. 2018, OTERO; ARAVIND, 2018).

No escopo do projeto, diversas atividades foram realizadas. Dentre elas, o presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica de ensino de Arquitetura de Computadores

desenvolvida envolvendo a integração de metodologias e abordagens de ensino, a qual foi aplicada a alunos de instituições públicas da cidade de Jandaia do Sul (PR).

Objetiva-se, portanto, apresentar como o público não iniciado pode ter uma visão abrangente dos conceitos da Arquitetura de Computadores, mais precisamente quanto às características e funcionalidades de hardware de uma máquina computacional. Almeja-se mostrar que o público consegue compreender diferenças fundamentais entre componentes físicos e facilmente distinguir funcionalidades atreladas a eles e que diariamente podem gerar dúvidas a respeito de suas definições e características, como por exemplo, a diferença entre memória primária e memória secundária.

Este trabalho está organizado conforme segue. A seção 2 apresenta uma visão geral sobre o ensino de Arquitetura de Computadores e formatos em que podem ser ofertados. A seção 3 descreve as metodologias, métodos e abordagens de ensino que foram consideradas. A seção 4 descreve a abordagem metodológica desenvolvida e aplicada. Na seção 5 estão dispostos os resultados alcançados bem como as dificuldades e limitações encontradas. As considerações finais são apresentadas na seção 6.

## **2. Ensino de Arquitetura de Computadores**

O ensino de Arquitetura de Computadores é usualmente abordado por meio de metodologias formais de ensino e de aprendizagem tais como em cursos técnicos e de graduação em que o professor apresenta os conceitos teóricos em sala de aula e os estudantes tendem a serem receptores passivos no processo de ensino e de aprendizagem. Os cursos técnicos, em geral, conhecidos como cursos de montagem e manutenção preocupam-se com características funcionais dos componentes computacionais (hardware) enquanto que os cursos de graduação oferecem disciplinas específicas sobre conceitos teóricos em circuitos digitais e organização arquitetural dos componentes de um computador e suas inter-relações. Ambas ofertas de ensino são direcionadas a um público restrito que busca uma formação técnica na área da AC, ocorrendo tradicionalmente em ambientes de educação formal.

A educação formal é caracterizada pela busca e sistematização de conteúdos legitimados pela academia e que normalmente são transmitidos de forma gradativa, ou seja, do simples ao complexo (FEICHAS, 2007). Para Gohn (2010), a educação formal caracteriza-se como sendo a realizada nas instituições de ensino regulares, como escolas e universidades, em que os alunos possuem currículos ou programas especificados por meio de regulamentações, baseadas nas diretrizes nacionais. Ainda, a educação formal “refere-se a tudo o que implica forma, isto é, algo inteligível, estruturado, o modo como algo se configura” (LIBÂNEO, 2008, p.88).

Normalmente, os cursos técnicos fazem uso de metodologias e materiais próprios (apostilas, vídeo-aulas, entre outros) e são norteados por características regionais e de interesse

do mercado de trabalho, focados, principalmente, na profissionalização dos participantes, abordando o conhecimento de como realizar manutenção em uma máquina computacional. Em cursos de graduação, a compreensão da estrutura e funcionamento dos componentes físicos, como as unidades que compõe um processador, ou qual a forma de endereçamento entre memória RAM e memória cache, são os tópicos abordados, por exemplo.

Os referenciais de formação para os cursos de graduação em computação, elaborados pela Sociedade Brasileira de Computação, descrevem que todos os cursos da área da Computação devem compreender o ensino dos conceitos de Arquitetura de Computadores, com maior ou menor profundidade, de acordo com o curso (ZORZO et al., 2017).

Segundo o relatório dos currículos de cursos da Computação elaborado em conjunto entre a Association for Computing Machinery (ACM), a Association for Information Systems (AIS) e a Computer Society (IEEE-CS) (ACM/AIS/IEEE-CS, 2005), os conceitos a serem abordados para uma disciplina de Arquitetura de Computadores devem ser: organização interna dos componentes integrados dos computadores digitais (processadores, registradores, memória e dispositivos de entrada e saída) e seus conjuntos de instruções.

Autores referências em AC, como Patterson e Hennessy (2005), Tanenbaum (2006), Stallings (2010) também sugerem tópicos disciplinares divididos em: álgebra booleana e circuitos digitais; estruturas de interconexão do computador; hierarquia dos sistemas de memória; unidade central de processamento; dispositivos de entrada e saída e interfaceamento; avaliação de desempenho e arquiteturas avançadas.

Outro recurso amplamente empregado no ensino formal de AC são os simuladores que conseguem ilustrar de forma visual e dinâmica a execução de rotinas e instruções que tratam processos inicialmente abstratos. Inúmeros são os trabalhos que apresentam os mais variados simuladores de movimentação de instruções em arquitetura de processadores, sistemas com simulação de concorrência de processos, simuladores de execução de programas, previsão do comportamento da arquitetura de computadores, entre outros (BORGES et al. 2012; ELIAS, SILVA e TIOLA, 2011; FALCÃO, 2011; MAIA, VIEIRA e PESSOA, 2009; MOREIRA e MARTINS, 2009; SILVA e BORGES, 2016; ULLMANN et al. 2014; VERONA, MARTINI e GONÇALVES, 2009; WOLFF e WILLS, 2010).

Ao utilizar-se de ambientes não formais de ensino, surge a educação não formal, a qual não se contrapõe à educação formal, apenas diferem quanto às suas características e formas de realização. Para Gohn (2010), a educação não formal ocorre em ambientes construídos em que há intencionalidade da realização do ensino, porém sem a necessária hierarquia de processos institucionalizados de aprendizagem. Gadotti (2005, p. 2) descreve que “os programas de educação não formal não precisam necessariamente seguir um sistema sequencial e hierárquico de ‘progressão’. Podem ter duração variável, e podem ou não, conceder certificados de aprendizagem”.

Em geral, ações de educação não formal ocorrem em ambientes externos às escolas, sendo propiciada por meio de projetos em iniciativas de eventos com os mais diversos formatos

tais como feiras, cursos, museus, entre outros. O público participante dessas ações são heterogêneos e, comumente, não necessitam ter conhecimentos prévios sobre os assuntos abordados.

Os museus de ciências são bons exemplos de locais de ocorrência de educação não formal pois abordam diversas temáticas e não possuem regras formais de normalização de ensino e de aprendizado. Eles preocupam-se, simplesmente, com a divulgação científica para um público em geral.

São raras as iniciativas de ensino AC para públicos não iniciados e sem interesse puramente técnico, sobretudo em ambientes não formais de ensino. Público esse interessado somente em conhecer como seu dispositivo computacional (computador, notebook e smartphone, por exemplo) funciona, ou quais os componentes que o compõem, ou ainda, qual configuração de hardware é mais indicada para sua necessidade.

No Brasil, há apenas iniciativas de divulgação de Computação, não sendo identificadas outras iniciativas que abordam a educação não formal em Arquitetura de Computadores. O trabalho de Alves et al. (2018) apresenta iniciativas de divulgação e popularização de Computação no cenário nacional em que projetos e programas que oferecem ações e atividades lúdicas para públicos não iniciados na área da Computação.

É notório que a AC é uma grande área da Computação composta por diversos tópicos curriculares e com grande importância na sociedade contemporânea. Sobretudo, cabe ressaltar que não é objetivo deste trabalho abordá-los em sua totalidade, sequer em profundidade. Vislumbra-se, por meio da abordagem metodológica desenvolvida, apresentar ao público não iniciado na área de Computação uma visão abrangente dos conceitos acerca de AC e hardware de máquinas computacionais em ambientes não formais de ensino.

### **3. Referencial Teórico**

Conforme mencionado anteriormente, raras são as iniciativas de ensino, ou mesmo de divulgação, em ambientes não formais sobre Computação, tão pouco específicas acerca de Arquitetura de Computadores. Nesse sentido, visando atingir o objetivo proposto neste trabalho, foi desenvolvida uma abordagem metodológica para o ensino de Arquitetura de Computadores em ambientes não formais, sendo tal abordagem elaborada a partir da combinação de diferentes metodologias, métodos e abordagens conceituadas nas literaturas tais como a Taxonomia dos Objetivos Educacionais, o Blended Learning e a Gamificação. A forma como tais conceitos são abordados é descrita no decorrer do trabalho.

É importante ressaltar novamente o nível de profundidade em que o ensino de Arquitetura de Computadores é aferido pela abordagem metodológica desenvolvida, concentrando-se no conhecimento geral dos componentes físicos de um computador (ou

máquinas computacionais) bem como suas características e capacidades. Mantém-se ainda um foco sobre as principais diferenças entre conceitos que popularmente causam dúvidas, por exemplo, na diferença entre memória primária (memória RAM) e memória secundária (disco rígido), ou ainda, porque um smartphone tende a ficar mais lento à medida que grande quantidade de aplicativos vão sendo instalados.

### 3.1. Taxonomia dos Objetivos Educacionais

Na década de 1950, o pedagogo e psicólogo Benjamin Bloom, em parceria com outros pesquisadores e colaboradores da Associação Americana de Psicologia organizaram uma taxonomia (uma classificação) utilizada para descrever os tipos de aprendizagem e os objetivos educacionais correspondentes, possibilitando o planejamento, a execução e a avaliação de processos educacionais (FILATRO; BILESKI, 2015).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), a Taxonomia é organizada em três possibilidades de aprendizagem, definida pelos domínios Cognitivo, Afetivo e Psicomotor. Cada possibilidade é classificada por uma hierarquia de desenvolvimento, em que o indivíduo atinge o nível subsequente após suprir satisfatoriamente o nível atual. Benjamim Bloom, conforme Filatro e Bileski (2015), dedicou-se a detalhar a taxonomia do domínio cognitivo, a qual ficou popularmente conhecida como Taxonomia de Bloom. Um grupo de pesquisadores ligados a Bloom foi responsável por expor as condutas do domínio afetivo. O domínio psicomotor foi elaborado por outros autores inspirados pela teoria de Bloom.

Como a taxonomia apresenta níveis de conhecimento hierárquicos, é possível avaliar os indivíduos a partir do seu “grau” de conhecimento sobre um determinado assunto, tornando-se uma ótima ferramenta de avaliação. Para avaliar o nível de conhecimento atingido por um indivíduo, é necessário primeiro estabelecer qual dos três domínios de aprendizagem o mesmo está se desenvolvendo, para depois se atentar às palavras chave de cada nível, estabelecidas como verbos por Bloom (1956). Dessa forma é possível perceber que cada nível dos três domínios recebem verbos que se distinguem uns dos outros, diferenciando o nível de aprendizado.

Segundo Russell e Airasian (2014) a taxonomia cognitiva é dividida em seis níveis, iniciando do mais simples para o mais complexo e cada nível subsequente representa um tipo mais complexo de processo cognitivo. A Tabela 1 apresenta a definição acerca de cada nível, bem como os verbos que indicam que determinado nível foi alcançado.

**Tabela 1 - Domínio Cognitivo**

| Nível | Definição | Verbos |
|-------|-----------|--------|
|-------|-----------|--------|

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Conhecimento</b> | Capacidade de lembrar informações ou conteúdos previamente apresentados.   | Identificar, distinguir, reconhecer, recordar, memorizar e ordenar      |
| <b>Compreensão</b>  | Habilidade de entender e compreender conteúdos e fatos apresentados, podendo a partir disso, explicar e apresentar o mesmo de outras formas. | Explicar, descrever, definir, converter e interpretar.                  |
| <b>Aplicação</b>    | Aptidão de utilizar os conhecimentos adquiridos em outros cenários e contextos.  | Aplicar, usar, manipular, modificar, empregar e ilustrar.               |
| <b>Análise</b>      | Capacidade de enxergar o conteúdo como um conjunto de entidades/partes, dividindo-as em subcategorias e analisando suas inter-relações.      | Analisar, reduzir, classificar, separar, subdividir e examinar.         |
| <b>Síntese</b>      | Habilidade de organizar o conhecimento adquirido e criar algo novo. Compreende a capacidade de combinar as partes para formar um novo todo.  | Compilar, combinar, compor, formular, inventar, desenvolver e projetar. |
| <b>Avaliação</b>    | Habilidade de julgar e estabelecer um posicionamento sobre um determinado assunto.   | Avaliar, concluir, validar, julgar e selecionar.                        |

**Fonte: Adaptado de Ferraz e Belhot (2010).**

A taxonomia do domínio cognitivo pode ser aplicada em inúmeros contextos visando sempre o desenvolvimento do indivíduo. Porém, as áreas que mais se apropriam desses estudos, derivam de linhas educacionais, isso porque a essa taxonomia oferece uma gama de possibilidades e aplicações para aferir o desenvolvimento do aluno, além de oferecer uma base para a elaboração de ferramentas de avaliação (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Segundo Wright (2008) e Russell e Airasian (2014), surgiram algumas versões diferentes da taxonomia do domínio cognitivo, como por exemplo, a taxonomia revisada apresentada pelo grupo liderado por Lorin Anderson (ANDERSON et al., 2001). Esta taxonomia, assim como a taxonomia original desenvolvida por Bloom, apresenta seis níveis de habilidades cognitivas, as quais são lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Entretanto, essa taxonomia revisada incluem o nível de profundidade do conhecimento atingido em cada nível das habilidades, sendo factual, conceitual, procedimental e metacognitivo.

Apesar da existência das derivações da taxonomia do domínio cognitivo, optou-se neste trabalho, em um primeiro momento, por avaliar os participantes utilizando a taxonomia original desenvolvida por Bloom, haja vista que não pertence aos objetivos da abordagem metodológica a determinação da profundidade do conhecimento atingido pelos participantes.

O domínio afetivo envolve categorias ligadas ao desenvolvimento da área emocional e afetiva, englobando sentimentos, atitudes, interesses, preferências, valores e emoções. Como exemplo de características afetivas pode-se citar estabilidade emocional, motivação, confiabilidade e autocontrole (RUSSELL; AIRASIAN, 2014, FERRAZ; BELHOT, 2010). Neste domínio também é possível observar os verbos estabelecidos para cada nível, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Domínio Afetivo**

| <b>Nível</b>                      | <b>Definição</b>  | <b>Aporte de Verbos</b>                                 |
|-----------------------------------|---|---|
| <b>Recepção</b>                   | Estar ciente, estar inclinado a prestar atenção. Permanece passivo em relação a um valor ou comportamento.  | Atender, conscientizar, observar, reconhecer e receber. |
| <b>Resposta</b>                   | Exibe alguns comportamentos como resultado da experiência, aprendendo com a atitude, valor ou comportamento. Pode não ser permanente.             | Comportar-se, obedecer, cooperar e discutir.            |
| <b>Valorização</b>                | Demonstra uma atitude positiva em relação a um valor ou comportamento, mostrando algum envolvimento ou compromisso.                               | Aceitar, escolher, diferenciar e defender.              |
| <b>Organização</b>                | Identifica que um novo valor ou um novo comportamento é importante ou uma prioridade, podendo estabelecer uma classificação entre as prioridades. | Adaptar, ajustar, alterar, mudar e modificar.           |
| <b>Caracterização por Valores</b> | Atua de forma consistente com o novo valor, sendo o valor reconhecido como parte do caráter do indivíduo.   | Autenticar, caracterizar, advogar e exhibir.            |

**Fonte: Adaptado de Huitt (2010); Kapp, Blair e Mesch (2014).**

O domínio psicomotor está ligado com o desenvolvimento do aparelho motor, englobando o movimento físico, a coordenação motora e as habilidades corporais, em que os níveis dessa estrutura são definidos por meio do aperfeiçoamento dos movimentos e pela prática,



sendo avaliado em termos de precisão, procedimentos ou técnicas de execução (FERRAZ; BELHOT, 2010, FILATRO; BILESKI, 2015). O aporte de verbos para cada nível pode ser visualizado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Domínio Psicomotor**

| <b>Nível</b>                       | <b>Definição</b>   | <b>Aporte de Verbos</b>                           |
|------------------------------------|--|---|
| <b>Originação</b>                  | Desenvolve sua própria atividade física ou movimento para atingir um objetivo.   | Organizar, construir, criar, projetar e originar  |
| <b>Adaptação</b>                   | Adapta a atividade física ou movimento para ajustar-se a diferentes situações.   | Adaptar, ajustar e reconhecer                     |
| <b>Resposta complexa explícita</b> | Proficiência na atividade, executando sem hesitação, pensando conscientemente sobre os passos da atividade.              | Sem esforço, sem hesitação                        |
| <b>Mecanismo</b>                   | Apresenta proficiência básica em alguns padrões de movimento, tornando-se habitual a atividade.                          | Imitar e copiar                                   |
| <b>Resposta guiada</b>             | Pensamento consciente sobre o movimento físico, porém com grande dose de hesitação, normalmente inclui tentativa e erro. | Tentar, praticar, direcionar                      |
| <b>Conjunto</b>                    | Disposição em realizar uma atividade física, também comumente chamado de mentalidade.                                    | Voluntariado, interesse expresso e reconhecimento |
| <b>Percepção</b>                   | Capacidade de utilizar dicas para orientar a atividade física.   | Identificação, observação e seleção               |

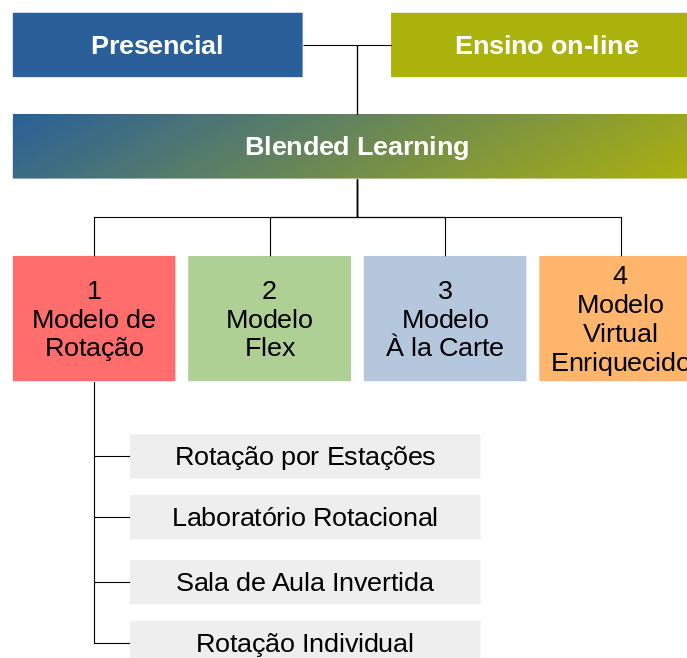
Fonte: Adaptado de Kapp, Blair e Mesch (2014)

No desenvolvimento da abordagem metodológica, foi considerado avaliar, num primeiro momento, o desenvolvimento dos participantes sob os aspectos dos domínios cognitivo e afetivo, haja vista que o domínio psicomotor está relacionado com o desenvolvimento do aparelho motor, não sendo este o foco do trabalho.

### 3.2. Abordagem de Rotação por Estações

Conforme Souza e Andrade (2016, p. 4), “os processos de ensino e aprendizagem tradicionais não respondem mais às demandas do mundo contemporâneo, muito menos ao perfil do aluno do século XXI”, dessa forma emerge um modelo de ensino que busca responder a essa demanda. O *Blended Learning*, em português, Ensino Híbrido, estabelece-se como uma metodologia de ensino que combina as vantagens da aprendizagem em sala de aula tradicional e a aprendizagem online. Em outras palavras, de acordo com Horn e Staker (2015), o Ensino Híbrido consiste em um programa de educação formal onde o aluno ora aprende a partir da interação com seus colegas, em um local físico, com supervisão do professor, ora aprende a partir de instruções e/ou conteúdos online, usufruindo de meios para controlar como, onde e quando vai estudar.

Além disso, essa metodologia dispõe de uma organização de 4 modelos de ensino híbrido, sendo eles: *Rotation Model*, *Flex Model*, *Self-Blended Model* e *Enriched-Virtual Model*, em português, Modelo de Rotação, Modelo Flex, À La Carte e Virtual Enriquecido, respectivamente, conforme ilustra a Figura 1:



**Figura 1** - Modelos *Blended Learning* - Adaptado (HORN; STAKER, 2015)

Segundo Horn e Staker (2015), o modelo de Rotação permite que os alunos rotacionem - seguindo uma programação fixa ou a critério do professor - pelas estações de aprendizagem, onde pelo menos uma delas realiza alguma atividade online. Conforme ilustrado na Figura 1, esse modelo possui uma ramificação: Modelo de Rotação por Estações, Laboratório Rotacional, Sala de Aula Invertida e Rotação Individual.

Em diversas situações o modelo de Rotação por Estações é implantado dentro da sala de aula tradicional com o objetivo de motivar os alunos e adaptar o modelo de ensino empregado nas Escolas/Universidades conforme a tecnologia avança. Um trabalho recente é o de Alessandro et al., (2018), no qual utiliza o modelo de Rotação por Estações na disciplina de Ciências, cursada por alunos do 4º ano do Ensino Fundamental. No presente trabalho, conceitos do modelo de Rotação por Estações servem de base na composição desta abordagem metodológica, conforme será apresentado na seção 4.

### **3.3. Gamificação**

A Gamificação pode ser entendida como um conjunto de estratégias que buscam envolver o público em um determinado contexto, visando uma maior participação dos mesmos. Essa proposta é bastante aceita e, por isso, é utilizada em diversos cenários. Derivada do mundo dos jogos, a gamificação busca trazer dinâmicas para engajar as pessoas (LOPES, TODA e BRANCHER, 2015).

Na educação, a gamificação vem sendo a vitrine para os pesquisadores na busca por estratégias que envolvam os alunos no processo de aprendizagem. Por envolver um pacote muito amplo de estratégias, a gamificação acaba por ser uma ferramenta objetiva para cada contexto, ganhando forma ímpar para cada situação.

Conforme Chalco, Mizoguchi e Isotani (2018), para utilizar a gamificação deve-se tomar cuidado com o planejamento das atividades, pois um mau desenho das mesmas pode gerar resultados indesejados, pois seus efeitos dependem muito do contexto em que essa tecnologia é aplicada.

Os elementos extraídos do mundo dos jogos digitais podem ser divididos em dois grupos, definidos por elementos intrínsecos e extrínsecos. Segundo Zichermann e Cunningham (2011), os elementos intrínsecos são característicos de cada usuário ou inerentes ao comportamento humano não estando necessariamente descritos ou destacados. Como exemplo de elemento intrínseco tem-se a competição, pois este é percebido como um importante estímulo no ambiente do jogo. Na ocasião, os usuários são estimulados a uma rivalidade, despertando um desejo de querer ser melhor que os demais jogadores. Visto que tal estímulo é despertado de maneira individual, a competição é entendida como um forte elemento intrínseco.

Os elementos extrínsecos por sua vez, estão evidenciados como recompensas e gratificações, que são enaltecidos por fatores externos como o meio em que o jogador é inserido. Um exemplo de elemento extrínseco é a narrativa, que a partir de um enredo pré-definido, o

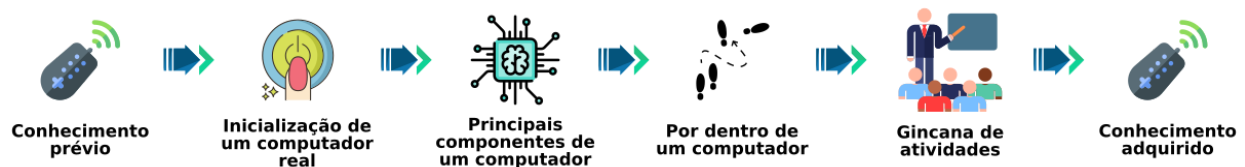
jogador é envolvido à um conjunto de informações pertinentes ao mundo do jogo. Ela é responsável por nortear os jogadores, além de se adaptarem (em alguns casos) com o comportamento dos mesmos. Segundo Zichermann e Cunningham (2011), a ausência deste elemento pode causar uma desorientação ou abandono do jogador por falta de objetividade.

Lopes, Toda e Brancher (2015) também realizaram um estudo preliminar sobre estes elementos, e averiguaram seus impactos motivacionais nos usuários por meio de respostas obtidas na aplicação de questionários. Foi observado que informações em forma de narrativas e níveis durante os jogos são relevantes segundo os jogadores respondentes. Esses ainda recomendaram utilização de conquistas e placares para estímulo durante as competições.

Com o exposto, almeja-se neste trabalho utilizar os conceitos e elementos da gamificação como forma de aumentar o engajamento do público participante da abordagem metodológica apresenta na próxima seção.

## 4. Abordagem Metodológica

A abordagem metodológica proposta no presente trabalho, a partir de agora nomeada apenas como intervenção, apresenta um ambiente de aprendizagem significativa por meio da divulgação de conteúdos relacionados a AC. Baseada no Modelo de Rotação por Estações, a intervenção proposta é composta por cinco estações de aprendizagem, sendo elas: 1) O levantamento do conhecimento prévio e conhecimento adquirido; 2) O processo de inicialização de um computador real; 3) A apresentação dos principais componentes de um computador e seu funcionamento; 4) Um passeio “por dentro de um computador” e; 5) Uma gincana de atividades, conforme ilustra a Figura 2. Ao finalizarem as atividades na estação 5, os participantes são direcionados novamente à estação 1 para que seja possível mensurar o conhecimento adquirido.



**Figura 2** - Intervenção proposta

Antes dos participantes (público alvo) percorrerem as cinco estações, os mesmos são divididos em duas equipes e identificados com crachás com seus nomes e respectiva equipe (equipe A ou B), favorecendo a quinta estação, em que uma gincana é promovida entre as mesmas. Durante toda a intervenção, as equipes competem entre si, sendo contabilizadas por meio de perguntas realizadas pelo público acerca dos conceitos apresentados em cada uma das estações, ou seja, quem participa fazendo perguntas relevantes soma pontos para sua equipe.

Ademais, o comportamento de cada participante bem como suas ações são também são registradas durante as atividades previstas, com o objetivo de constituir informações suficientes

para que as análises mediadas pela Taxonomia dos Objetivos Educacionais possam ser validadas. Ao final de toda a intervenção, os pontos obtidos por cada equipe durante as cinco estações são somados e a equipe vencedora recebe brindes. O objetivo e as atividades de cada estação são descritas nas próximas subseções.

## 4.1. Estação do Conhecimento Prévio e Conhecimento Adquirido

A primeira estação consiste no levantamento do conhecimento de cada participante antes e depois da realização intervenção, em que o público é convidado a responder algumas questões básicas relacionadas à AC. São perguntas de múltipla escolha com cinco alternativas sendo uma delas verdadeira e as demais falsas. A Tabela 4 representa tais questões.

**Tabela 4 - (Questões referentes ao conhecimento prévio dos alunos)**

| Questões   |
|--|
| 1) O que é <i>hardware</i> ?   |
| 2) Qual dispositivo fornece energia para os componentes do computador?   |
| 3) Unidade Central de Processamento é o mesmo que:   |
| 4) Qual componente perde os dados quando o computador é desligado?   |
| 5) Qual o dispositivo é responsável por gerenciar o processamento gráfico do computador?                         |
| 6) São dispositivos de entrada e saída:  |
| 7) Os barramentos da placa-mãe são responsáveis pela conexão dos componentes do computador. Pode-se afirmar que: |

As respostas são coletadas utilizando um sistema de resposta a audiência (clicker) (ARAÚJO et al. 2011), e armazenadas no software para posterior conferência, ressaltando que as respostas são coletadas de forma anônima. A Figura 3 ilustra os clickers utilizados. Cabe ressaltar que no levantamento prévio do conhecimento, as respostas corretas de cada pergunta não são exibidas para os participantes. Cada participante tem acesso à resposta correta após a responder ao questionário que mensura o conhecimento adquirido.

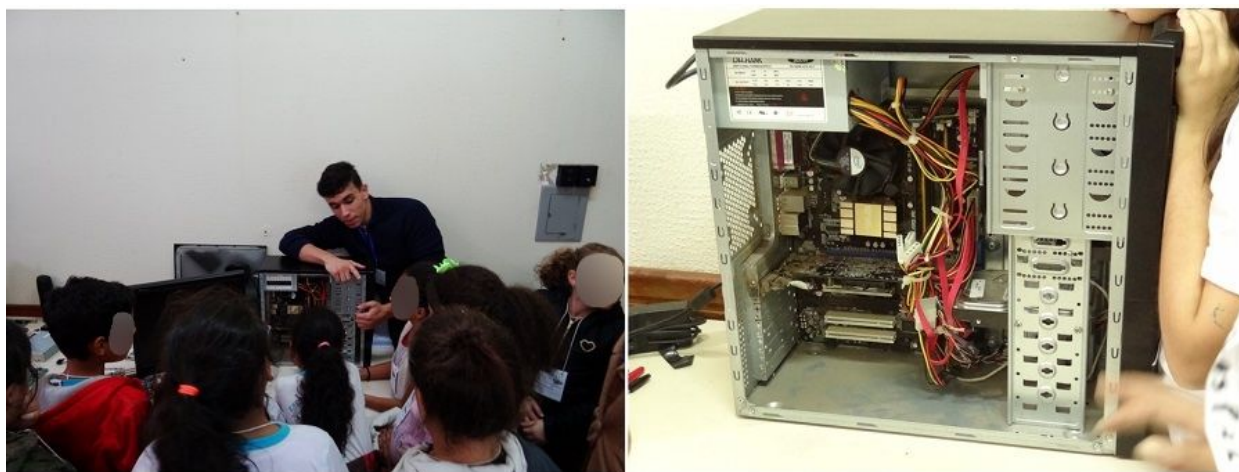


**Figura 3** - Primeira estação: Conhecimento prévio e conhecimento adquirido

As informações registradas são de extrema importância tanto para mensurar o conhecimento prévio dos participantes quanto para verificação da corretude das respostas de cada equipe. Conforme observado anteriormente, as respostas corretas correspondem a pontos contabilizados para a respectiva equipe. A pontuação de cada atividade será apresentada na seção 4.5 .

## 4.2. Estação de Inicialização de um computador real

A segunda estação, ilustrada pela Figura 4, consiste na inicialização de um computador real, em que o objetivo é explicar o funcionamento geral de um computador, a partir do momento em que a energia é liberada até a inicialização do sistema operacional e o carregamento de programas na memória primária.



**Figura 4** - Segunda estação: Inicialização de um computador real

Nesta estação são apresentados os componentes que compõem uma máquina computacional bem como a importância de cada um. Realizam-se nessa estação ações como: retirada da memória RAM de seu slot e tentativa de ligar o computador; retirada do cabo de distribuição de energia da fonte de energia e tentativa de ligar o computador; retirada do cabo de distribuição de energia do disco rígido e tentativa de ligar o computador; entre outras ações que, de uma forma ou de outra, tornam o computador inapto a ser utilizado. Tais ações são realizadas com o objetivo de explicar aos participantes, por meio de exemplos reais, a importância de cada componente da unidade computacional.

### 4.3. Estação dos Principais componentes de um computador

Na terceira estação são expostos ao público diferentes componentes internos de um computador real, em que o objetivo é apresentar as características e funcionalidade de cada um separadamente, e por fim, a forma como os componentes comunicam-se entre si, conforme ilustra a Figura 5.



**Figura 5** - Terceira Estação: Principais componentes de um computador

Nesta estação diversos componentes são apresentados, desde itens hoje obsoletos para uso em computadores pessoais, como o driver de disquete 3,5 polegadas, até componentes mais atuais como processadores de última geração<sup>1</sup>.

Como os componentes estão sem a alimentação de energia, o público pode manusear, encaixar e desencaixar componentes em seus slots. É comum, na estação, o surgimento de dúvidas referentes à novas e antigas tecnologias dispostas no mercado. Ainda nessa, a equipe do

---

<sup>1</sup> Geração de processadores Intel® Core™ i7



projeto realiza um apanhado geral do histórico dos computadores descrevendo como foi a evolução dos componentes no decorrer dos anos e dos avanços quanto a novas tecnologias.

#### 4.4. Estação Por dentro de um computador

A quarta estação, propõe-se a expor os conceitos de uma maneira instigante, atrativa e inovadora utilizando-se do diorama como material didático-pedagógico. Tal diorama consiste em um cenário construído de modo a simular ambientes reais (ASH, 2004), nesse caso, os principais componentes internos de um computador. Os componentes do dioramas foram construídos em escala aumentada em quinze vezes e dispostos em uma sala com dimensão de quatro metros de largura por cinco metros de comprimento, ilustrando um “computador gigante”. O objetivo de utilizar tais representações é proporcionar ao público uma experiência contemporânea e transformadora, onde são convidados a “caminhar por dentro de um computador” (ALVES et al., 2018). Conforme ilustra a Figura 6, a representação dos principais componentes estão expostos para o público, em que os participantes podem caminhar entre os componentes. O objetivo desta estação é despertar o interesse do público a respeito dos conceitos já apresentados, além de incentivar sua curiosidade e estimulá-los a perguntar.



**Figura 6** - Quarta Estação: Por dentro de um computador



Conforme observado anteriormente, o diorama, com cada componente construído em escala aumentada em quinze vezes, mostra-se realmente como o recurso educacional de maior destaque e que tem estimulado sensações de espanto e deslumbre por parte do público participante.

Nesta estação, cada componente do diorama recebe um número de identificação que será utilizado na estação da gincana, conforme descrito na próxima subseção. Os componentes identificados no diorama são: Memória RAM, Disco Rígido, Processador, Fonte de Alimentação, Placa de Vídeo, entrada USB, Barramentos, Bateria e Conectores de Áudio e Vídeo, Pontes Norte e Sul.

## 4.5. Gincana de atividades

A quinta e última estação consiste em uma gincana em que as equipes são submetidas a diversas perguntas acerca dos conceitos apresentados durante toda a intervenção. A pontuação da gincana é determinada conforme Tabela 5.

**Tabela 5 - (Atividades e pontuação da intervenção)**

| <b>Atividade</b>                     | <b>Pontuação</b> |
|--------------------------------------|------------------|
| 1) Realizar pergunta coerente        | 1.5 pontos       |
| 2) Responder pergunta corretamente   | 2 pontos         |
| 3) Realizar analogia coerente        | 2 pontos         |
| 4) Citar exemplo coerente            | 1.5 pontos       |
| 5) Identificar componente do diorama | 1.5 pontos       |

A cada atividade efetuada de forma correta, a respectiva pontuação é atribuída à respectiva equipe.

As atividades enumeradas de 1 a 4 são realizadas pelas equipes no decorrer das estações e contabilizadas por meio da anotação de interventores que observam toda a intervenção e toda a participação por parte do público com objetivo de pré-identificar os níveis atingidos estabelecidos na Taxonomia de Bloom utilizada neste trabalho, conforme subseção 3.1.1.

Na atividade 5 da gincana, são distribuídas, para cada equipe, as seguintes questões ilustradas na Tabela 6, acerca da funcionalidade de um determinado componente. Nesta atividade, as equipes devem atribuir o nome do componente e seu respectivo número de identificação<sup>2</sup> a cada uma das questões conforme tabela.

---

<sup>2</sup> O número identificador é atribuído a cada componente em suas respectivas representações no diorama, podendo ser visualizados na quarta estação.

**Tabela 6 - (Questões utilizadas durante a gincana) Funcionalidades dos principais componentes de um computador**

| <b>Questões</b>   |
|---|
| 1) Qual componente armazena os dados temporariamente?                                 |
| 2) Qual componente perde os dados quando o computador é desligado?                    |
| 3) Qual componente salva os dados permanentemente?                                    |
| 4) Qual componente realiza o processamento das informações?                           |
| 5) Que componente é conhecido como CPU?   |
| 6) Que componente é conhecido como Disco Rígido?                                      |
| 7) Quem fornece energia para todos os componentes do computador?                      |
| 8) Qual componente é responsável por gerenciar o processamento gráfico do computador? |
| 9) Quem serve de conector para mouse, teclado e pen drive?                            |
| 10) Quem realiza a comunicação entre os componentes internos do computador?           |
| 11) Quem é responsável por manter data e hora atualizados no computador?              |
| 12) Quem serve de conector para áudio e vídeo?  |

Ao final desta estação, somam-se os pontos atribuídos a cada equipe, e a equipe vencedora é premiada.

## **5. Resultados (Intervenções realizadas)**

Conforme descrito anteriormente, a proposta do projeto é atingir públicos-alvo não iniciados e sem interesse técnico em Computação com o objetivo de divulgar o conhecimento computacional sobre Arquitetura de Computadores, especificamente sobre hardware de máquinas computacionais.

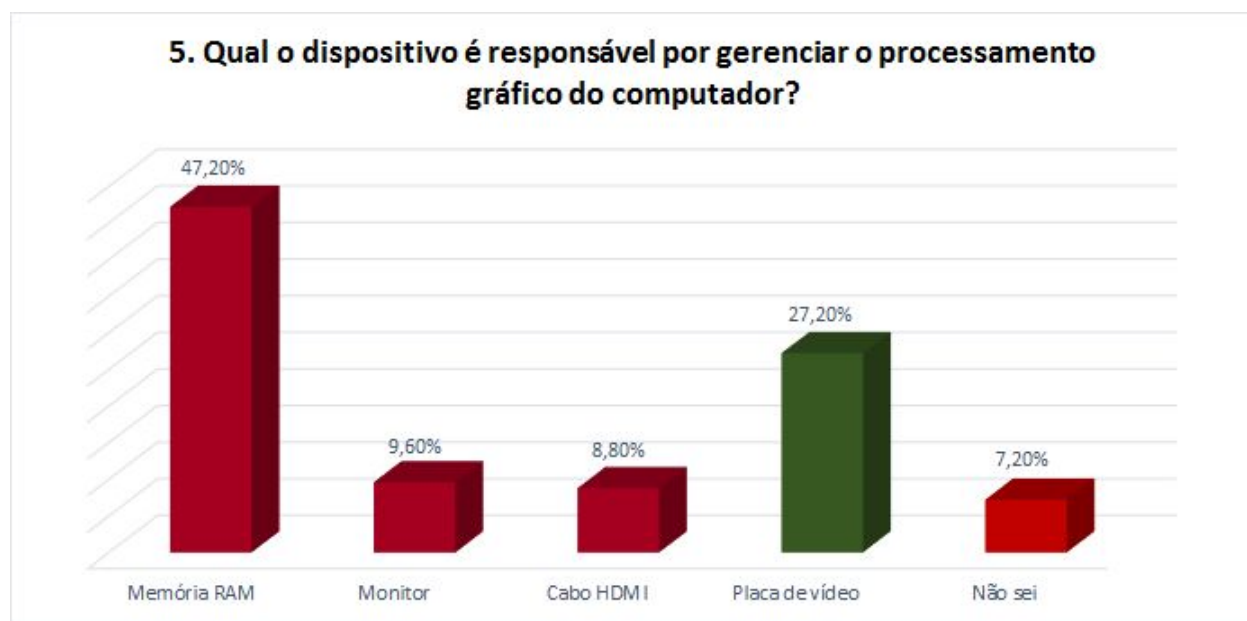
Durante toda a intervenção, a gamificação foi empregada, por meio da atribuição de pontos e concessão de premiações. Dessa forma, o público é estimulado a participar das

---

atividades, possibilitando mensurar os níveis atingidos nos domínios cognitivo e afetivo estabelecidos pela taxonomia dos objetivos educacionais.

As intervenções foram realizadas com os seguintes participantes: 125 alunos e alunas com faixa etária de 9 a 13 anos matriculados em escolas e colégios públicos de Jandaia do Sul, entre os meses de agosto e setembro de 2018, divididos em 5 turmas, com aproximadamente 25 alunos e alunas em cada intervenção.

Os resultados foram observados em cada uma das cinco estações descritas na seção de metodologia. Na estação 1, a qual possui o objetivo de realizar um levantamento sobre o conhecimento prévio de cada participante, verificou-se que na média, os participantes obtiveram uma taxa de acertos de 27% nas questões realizadas inicialmente (taxa de acertos nas setes questões iniciais). A Figura 7 mostra o percentual de acertos e erros da quinta questão aplicada. Todas as perguntas realizadas no levantamento prévio sobre o conhecimento dos alunos podem ser visualizadas na Tabela 4 da subseção 4.1.



**Figura 7 - Acertos e erros de uma das questões prévias**

As estações 2 e 3, as quais abordaram o processo de inicialização de um computador real e a apresentação dos principais componentes de um computador, bom como seu funcionamento, respectivamente, serviram para a apresentação destes componentes. Nestas estações, o comportamento dos participantes (reações, afirmações e questionamentos) é observado, sendo registrado a participação destes a fim de ajudar na identificação do nível atingido na taxonomia dos objetivos educacionais.

Cabe ressaltar que os interventores responsáveis por estas estações preocuparam-se em apresentar informações sobre os diversos componentes de uma máquina computacional, a integração entre eles e seus funcionamentos.

A estação 4, em que os participantes “passaram por dentro do computador”, visitando os componentes em escala aumentada (diorama), também foi utilizada para registrar o comportamento dos participantes, haja vista que estes conseguiram identificar e distinguir os dioramas perante seus respectivos componentes.

Na última etapa da intervenção, como descrito anteriormente, todos os alunos foram convidados a participarem de uma gincana de perguntas e respostas. Os alunos participaram de maneira direta, respondendo às questões de forma competitiva entre si. O teor competitivo foi instigado pela gamificação que, por outro lado, impulsionou o público de maneira saudável à participar da atividade proposta.

Após a realização da intervenção foi possível aferir, por meio da taxonomia dos objetivos educacionais, que os participantes conseguiram atingir os níveis de conhecimento e compreensão do domínio cognitivo e os níveis de recepção, resposta e valorização do domínio afetivo. A Tabela 7 sintetiza os níveis alcançados.

**Tabela 7 - Níveis Atingidos pela Taxonomia dos Objetivos Educacionais**

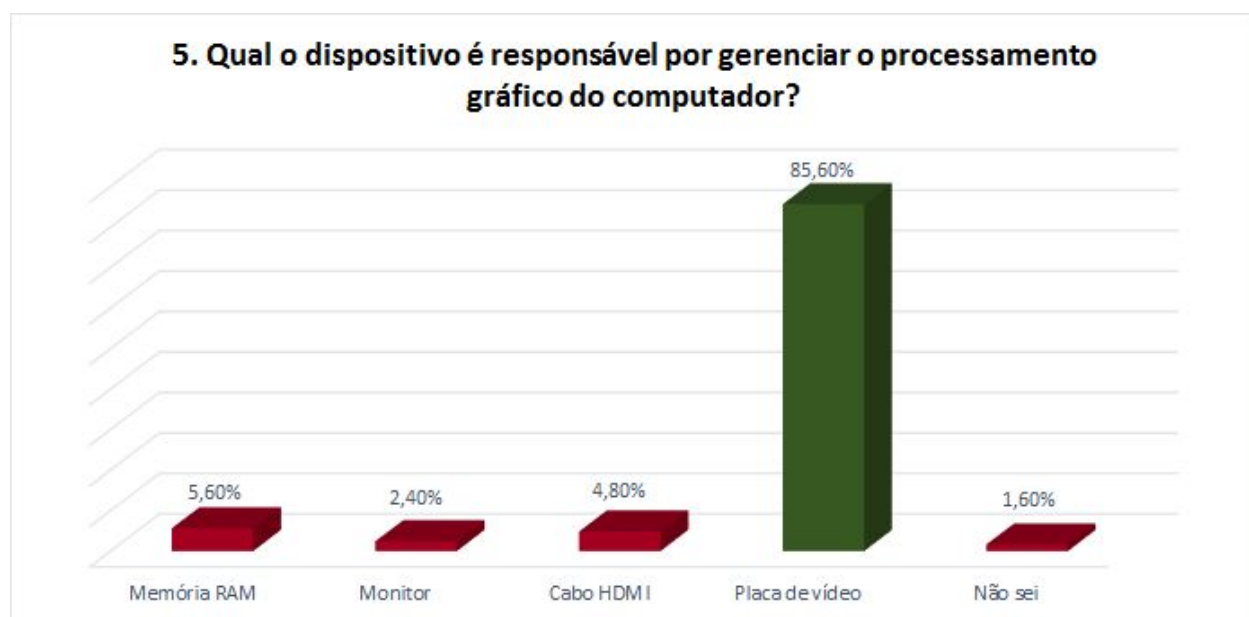
| <b>Domínio</b>           | <b>Nível Atingido</b>   |
|--------------------------|---|
| <b>Domínio Cognitivo</b> | <p><b>Conhecimento:</b> Os alunos conseguiram atingir o nível de conhecimento porque conseguiram identificar os componentes do computador representados por dioramas em escala aumentada.</p> <p><b>Verbos relacionados:</b> Identificar, distinguir, memorizar e reconhecer.</p>             |
|                          | <p><b>Compreensão:</b> Com a participação na gincana os alunos conseguiram responder as perguntas explicando e definindo as funções dos componentes com suas próprias palavras, atingindo assim o nível de compreensão.</p> <p><b>Verbos relacionados:</b> Explicar, descrever e definir.</p> |
| <b>Domínio Afetivo</b>   | <p><b>Recepção:</b> Durante a intervenção foi possível verificar que os alunos prestavam atenção às explicações e se conscientizaram sobre a importância das máquinas computacionais.</p> <p><b>Verbos relacionados:</b> conscientizar, observar, reconhecer e receber.</p>                   |
|                          | <p><b>Resposta:</b> durante a intervenção, houveram alunos que complementaram falas de outros alunos, a fim de responderem corretamente o solicitado.</p>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <b>Verbos relacionados:</b> obedecer, cooperar e discutir.   |
|  | <b>Valorização:</b> os alunos foram submetidos à um jogo de perguntas e respostas referentes aos temas explicados durante as atividades. Com essa atividade foi possível verificar que os alunos responderam prontamente às perguntas solicitadas. |
|  | <b>Verbos relacionados:</b> aceitar, diferenciar e defender.   |

Conforme observado na Tabela 7, os participantes, ao conseguirem IDENTIFICAR os componentes do computador no diorama, conseguiram RECONHECER estes componentes em escala aumentada, atingindo o nível de reconhecimento do domínio cognitivo. De mesma forma, quando os alunos conseguem EXPLICAR a função dos componentes com suas próprias palavras, DEFININDO-OS, estes alcançam o nível de compreensão do domínio cognitivo.

Em relação ao domínio afetivo, identificou-se que os alunos atingiram o nível recepção ao OBSERVAR atentamente as explicações dadas sobre cada componente e RECONHECERAM a importância que as máquinas computacionais têm na sociedade e a importância de cada componente para o funcionamento do computador. O nível de resposta foi alcançado pelo fato dos alunos COOPERAREM com outros alunos, complementando as respostas dos colegas, DISCUTINDO sobre o conteúdo a fim de responderem corretamente. Durante o jogo de perguntas e respostas, foi observado que os alunos conseguiram DIFERENCIAR os conceitos associados entre os componentes e DEFENDERAM suas respostas como sendo as corretas, desta forma, foi aferido que estes atingiram o nível de valorização.

Após a gincana foi realizado um teste pós intervenção que sustenta os resultados obtidos pela taxonomia dos objetivos educacionais nos domínios cognitivo e afetivo, sendo possível constatar que, as perguntas realizadas e respondidas incorretamente no início da intervenção foram então compreendidas e conseqüentemente corretamente respondidas (observadas). A Figura 8 ilustra o desempenho, em média, dos 125 participantes da intervenção em uma das questões da já aplicadas na estação 1 (subseção 4.1).



**Figura 8 - Acertos e erros de uma das questões pós intervenção**

Para realizar essa análise, as intervenções foram conduzidas por quatro interventores, três estudantes e um docente. Dentre estes, dois estudantes ficaram responsáveis especificamente para analisar o comportamento dos alunos e anotar qualquer tipo de reação dos mesmos. Além dessas anotações, houveram atividades em que os alunos respondiam por escrito o nome e função de cada componente do diorama que fora enumerado componente a componente. A Figura 8 destaca em vermelho tais numerações.



**Figura 8 - Componentes do diorama enumerados**

Dessa forma foi possível analisar com maior rigor a participação dos alunos e os domínios atingidos pelos mesmos. Para isso, os registros das respostas dos alunos foi fundamental ...

## 6. Considerações

Compreender como as máquinas computacionais funcionam, bem como a importância dos principais componentes dessas máquinas, tornou-se necessário para uma grande parcela da população, haja vista que este conhecimento facilita a realização de tarefas do cotidiano como, por exemplo, a compra de um computador ou um smartphone que atenda suas necessidades.

Este trabalho visou apresentar uma abordagem metodológica de ensino de Arquitetura de Computadores, desenvolvida a partir da integração de metodologias e abordagens de ensino, para públicos não iniciados em Computação, em especial crianças em idade escolar, em ambientes não formais de ensino. A abordagem metodológica utilizou-se do modelo de rotação por estações, da gamificação e da taxonomia dos objetivos educacionais.

Importante ressaltar sobre o nível de ensino (de arquitetura de computadores ou hardware - cursos temporais e nossa intervenção) abordado neste trabalho ...

### Rotação por estações

Com a utilização da gamificação observamos um importante fator motivador para os alunos, pois o estímulo pela recompensa incentivou coletivamente os mesmos em participar das atividades propostas. Esse fator gerou não somente o interesse dos alunos em participar, mas como também propiciou um rico trabalho em equipe.

Como apresentado neste trabalho, utilizou-se a Taxonomia dos Objetivos Educacionais como uma ferramenta de avaliação durante as intervenções de ensino. Para tal, o domínio cognitivo apresentou os níveis mais adequados para a metodologia utilizada neste trabalho. Porém, novas etapas da intervenção (que serão incorporadas futuramente) poderão potencialmente usufruir dos outros domínios da taxonomia. Por exemplo, pretende-se incorporar à intervenção uma sessão em que os alunos serão submetidos à confecção de materiais (como a elaboração de bonecos didáticos). Neste caso os alunos estariam em um processo de desenvolvimento psicomotor, estabelecido pelos níveis deste domínio dentro da taxonomia.

## 7. Referências

ACM/IEEE-CS Computing Curricula 2005 – The Overview Report. The Joint Task Force on Computing Curricula IEEE-CS/ACM (2005). Recuperado em 10 setembro, 2018, de <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-marcho6final.pdf>.

Alessandro, A. S. R. D., Dias, K. C. B., Vilela, D. C., & Germano, J. S. E. (2018). Aprendizado híbrido no ensino de ciências - experiência de uso das tic com rotação por estações em uma turma de 4º ano do ensino fundamental. CIET:EnPED, [S.l.], maio 2018. ISSN 2316-8722.



Recuperado em dezembro, 2018, de  
<http://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/520>.

Alves, G. J., Gonçalves, D. C. M., Züge, A. P., Beleti Junior, C. R., & Santiago Junior, R. M. (2018). Por dentro do computador: uma iniciativa de divulgação e popularização da arquitetura de computadores. In: II SIMPÓSIO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS EXATAS E COMPUTAÇÃO – II SLEC, 2018, Palotina, Anais... Palotina: UFPR, 2018.v.1. Recuperado em 5 dezembro, 2018, de <http://slec.ufpr.br/anais-2018.html>.

Anderson, L.W. (Ed.), Krathwohl, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives (Complete edition). New York: Longman.

Araújo, G. H. M., Silva, A. S. C., Carvalho, L. A. S., Silva, J. C., Rodrigues, C. W. M. S., & Oliveira, G. F. (2011). O quiz como recurso didático no processo ensino-aprendizagem em genética. In: 63ª Reunião Anual da SBPC, nº 2176-122. Anais da 63ª Reunião Anual da SBPC. Goiânia. Recuperado em 7 julho, 2018, de <http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/5166.htm>.

Ash, D. (2004). How families use questions at dioramas: Ideas for exhibit design. Curator: The Museum Journal, 47(1):84–100. ISSN 2151-6952. doi: 10.1111/j.2151-6952.2004.tb00367.x. Recuperado em 7 julho, 2018, de <http://dx.doi.org/10.1111/j.2151-6952.2004.tb00367.x>.

Bloom, B.S. (Ed.). Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain. New York: David McKay Co Inc.

Borges, E. V. C. de L., Andrezza, I. L. P., Falcão, E. de L., & Silva, H. S. da. (2012). SEAC: Um Simulador Online para Ensino de Arquitetura de Computadores. 10.13140/2.1.3581.3764.

Brox, M., Gersnoviez, A., Montijano, M.A., Herruzo, E., & Moreno, C. D. (2018). SICOME 2.0: A teaching simulator for Computer Architecture. Proceedings of 2018 Technologies Applied to Electronics Teaching, TAEE 2018, art. no. 8476041, .

Challco, G. C., Mizoguchi, R., & Isotani, S. (2016). An Ontology Framework to Apply Gamification in CSCL Scenarios as Persuasive Technology. Revista Brasileira de Informática na Educação, Brasil, v. 24, n. 02, p.67-76, set. 2018.

Costa, R. A., Bernardo, A. L. H., & Lucena, I. M. M. de. (2018). Incentivando a Aprendizagem de Arquitetura de Computadores em Cursos de Computação Através de um Simulador do Microprocessador Z-80 com Kahoot!. VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2018). Anais do XXIV Workshop de Informática na Escola (WIE 2018).

Elias, W. J., Silva, J. R. C. d., & Tiola, F. P. S. (2011). Simulador Muticiclo de Processador MPIS 32 bits para Apoio ao Estudo em Arquitetura de Computadores. Recuperado em 10 abril, 2018, de <http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/21988/12756>.

Falcão, E. L., Borges, E. V. C. L., Andrezza, I. L. P., Silva, G. S., Cavalcante, B. É. S. & Silva, H. S. (2011). Ambiente de Simulação Gráfica 3D para Ensino da Arquitetura de Processadores, XIX Workshop sobre Educação em Computação. Recuperado em 10 abril, 2018, de <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wei/2011/0025.pdf>

Feichas, H. (2007). Processos de Aprendizagem Formal e Informal na Universidade Brasileira. In: XVI Encontro Anual da ABEM e Congresso Regional da ISME América Latina, Campo Grande. Educação Musical na América Latina: concepções, funções e ações. Campo Grande: Editora UFMS, 2007. v. 0. p. 1-8.

Ferraz, A. P. do C. M., & Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. Gest. Prod., São Carlos , v. 17, n. 2, p. 421-431. Recuperado em 10 abril, 2018, de <http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>.

Filatro, A. C., & Bileski, S. M. Cairo. (2015). Produção de Conteúdos Educacionais. São Paulo: Saraiva, 2015. Recuperado em 2 março, 2019, de <https://books.google.com.br/books?id=SyNrDwAAQBAJ>.

Gadotti, M. (2005). A questão da educação formal/não formal. In: Institut International Des Droits De L'Enfant (IDE). Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes ou problème sans solution? Sion: Institut Internacional des Droit de L'Enfant/Institut Universitaire Kurt Bösch. Recuperado em 2 agosto, 2018, de [http://www.vdl.ufc.br/solar/aula\\_link/lquim/A\\_a\\_H/estrutura\\_pol\\_gest\\_educacional/aula\\_01/imagens/01/Educacao\\_Formal\\_Nao\\_Formal\\_2005.pdf](http://www.vdl.ufc.br/solar/aula_link/lquim/A_a_H/estrutura_pol_gest_educacional/aula_01/imagens/01/Educacao_Formal_Nao_Formal_2005.pdf).

Gohn, M. G. (2010). Educação não formal e o educador social: atuação no desenvolvimento de projetos sociais. São Paulo: Cortez. (Coleções questões da nossa época; v. 1).

Horn, M. B., & Staker, H. (2015). Usando a Inovação Disruptiva para aprimorar a educação. Porto Alegre: Penso. Tradução de: Maria Cristina Gularte Monteiro. Recuperado em 2 março, 2019, de <https://books.google.com.br/books?id=31IICgAAQBAJ>.

Huitt, W. K. et al.'s (2001). Taxonomy of the affective domain. Educational Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University. Recuperado em 2 março, 2019, de <http://www.edpsycinteractive.org/topics/affect/affdom.html>.

Kapp, K. M., Blair, L., & Mesch, R. (2014). The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook: Ideas into Practice. San Francisco: Wiley. Recuperado em 2 março, 2019, de <https://books.google.com.br/books?id=cdtnAQAAQBAJ>.

Kurniawan, W., Ichsan, M. H. H. (2017). Teaching and learning support for computer architecture and organization courses design on computer engineering and computer science for undergraduate: A review. International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 2017-December, .

Libâneo, J. C. (2008). Pedagogia e pedagogos para quê? 10 ed. São Paulo: Editora Cortez.

Lopes, R. A., Toda, A. M., & Brancher, J. D. (2015). Um estudo preliminar sobre conceitos extrínsecos e intrínsecos do processo de Gamification. Revista Brasileira de Informática na Educação. 23. 164. 10.5753/rbie.2015.23.03.164.

Macedo, C. A., Alencar, V. H. S., Beleti Junior, C. R., Zuge, A. P., & Santiago Junior, R. M. (2018). Abordagem didático-pedagógica para o ensino de Arquitetura de Computadores em espaços educacionais não formais. In: Anais do Computer on the Beach. Florianópolis. p. 890-892.

Maeda, H., Yasutake, Y., Iihoshi, A., Tanaka, K. (2018). FPGA-based educational system cooperating with mobile application for a learning computer architecture. IEIE Transactions on Smart Processing and Computing, 7 (1), pp. 80-88.

Maia, D. W. N., Vieira, M. M., & Pessoa R. F. (2009). PS-CAS MIPS: Um Simulador De Pipeline do Processador MIPS 32 Bits para Estudo de Arquitetura de Computadores. Workshop Sobre Educação em Arquitetura de Computadores (WEAC).

Meirelles, F. S. (2018). Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas, GVcia, FGV-EAESP, 29ª edição. Recuperado em 10 abril, 2018, de <https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>.

Mendes, C. S., Fontes, L., Lisboa, E., & Esmeraldo, G. (2018). Uma Abordagem Integrada de Hardware e Software para o Ensino de Organização e Arquitetura de Computadores. VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE). Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018) .

Moreira, A. A., & Martins, C. A. P. S. (2009). R2DSim: simulador didático do RISC reconfigurável. Workshop Sobre Educação em Arquitetura de Computadores (WEAC), pp 9-14, 2009.

Otero, R. R., & Aravind, A. (2018). Teaching computer architecture labs using a MCU platform. Proceedings of the 23rd Western Canadian Conference on Computing Education, WCCCE 2018 - Held in cooperation with the ACM Special Interest Group on Computer Science Education (SIGCSE).

Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2005). Organização e projeto de computadores - A interface hardware/software. 3a ed. São Paulo: Campus Elsevier.

Qin, G., Hu, Y., Huang, L., & Guo, Y. (2018). Design and performance analysis on static and dynamic pipelined CPU in course experiment of computer architecture. 13th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2018, p 111-116, September 19, 2018, 13th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE.

Radivojevic, Z., Stanisavljevic, Z., & Punt, M. (2018). Configurable simulator for computer architecture and organization. Computer Applications in Engineering Education, 26 (5), pp. 1711-1724.

Russell, M. K., & Airasian, P. W. (2014). Avaliação em Sala de Aula: Conceitos e Aplicações. 7. ed. Rio de Janeiro: Amgh Editora. Tradução de: Marcelo de Abreu Almeida. Recuperado em 10 março, 2019, de <https://books.google.com.br/books?id=HM9IAgAAQBAJ>.

Silva, G. P., & Borges, J. A. S. (2016). SimuS Um Simulador Para o Ensino de Arquitetura de Computadores. Recuperado em 10 abril, 2018, de [http://www2.sbc.org.br/ceacpad/ijcae/v5\\_n1\\_dec\\_2016/IJCAE\\_v5\\_n1\\_dez\\_2016\\_paper\\_2\\_vf.pdf](http://www2.sbc.org.br/ceacpad/ijcae/v5_n1_dec_2016/IJCAE_v5_n1_dez_2016_paper_2_vf.pdf)

Souza, P. R., & de Andrade, M. D. C. F. (2016). Modelos de rotação do ensino híbrido: estações de trabalho e sala de aula invertida. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, 9(1), 03-16.

Stallings, W. (2010). *Arquitetura e organização de computadores*. 8a ed. São Paulo: Prentice Hall.

Tanenbaum, A. S. (2006). *Organização estruturada de computadores*. Prentice Hall, 5ª. Edição, ISBN 8576050676.

Topalog L., N., Sahin, S., & Uluyol, Ç. (2018). Comparing the effectiveness of a microprocessor training system and a simulator to teach computer architecture. *International Journal of Engineering Education*, 34 (3), pp. 1138-1144.

Ullmann, M. R. D., Inocencio, A. C. G., Neto, E. D. M., Freitas, M. S., & Parreira Júnior, P. A. (2014). NeanderSIM: Simulador Gráfico de Apoio ao Ensino de Arquitetura de Computadores. XXII Workshop sobre Educação em Computação, Brasília - DF

Verona, A. B., Martini, J. A., & Gonçalves, T. L. (2009). SIMAEAC: Um simulador acadêmico para ensino de arquitetura de computadores. I ENINED - Encontro Nacional de Informática e Educação, pp 424-432.

Vieira, P. V., Zeferino, C. A., & Raabe, A. L. (2015). Empirical evaluation of using BIP processors in an interdisciplinary approach. *Brazilian Journal of Computers in Education*, [S.l.], v. 23, n. 02, p. 99, aug. 2015. ISSN 2317-6121. Recuperado em 10 janeiro, 2019, de <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2851/4458>.

Wolff, M., & Wills, L. (2010). SATSim: A Superscalar Architecture Trace Simulator Using Interactive Animation, WCAE: Workshop On Computer Architecture Education, Vancouver, Canada.

Wright, R. J. (2019). *Educational Assessment: Tests and Measurements in the Age of Accountability*. California: Sage Publications, 2008. Recuperado em 10 março, 2019, de <https://books.google.com.br/books?id=26nVLHEyickC>.

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media.

Zorzo, A. F., Nunes, D., Matos, E., Steinmacher, I., Leite, J., Araujo, R. M., Correia, R., & Martins, S. (2017). *Referenciais de Formação para os Cursos de Graduação em Computação*. Sociedade Brasileira de Computação (SBC). 153p. ISBN 978-85-7669-424-3.

**Não foram citados:**

Krathwohl, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

Peres, B. P., Zeferino, C. A., & Vieira, P. V. Simulador Web para a Família de Processadores BIP. VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017). Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2017).

Staker, H., & Horn, M. B. *Classifying K–12 blended learning*. Mountain View, CA: Innosight Institute, Inc. 2012. Disponível em:  
<<http://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/Classifying-K-12-blended-learning.pdf>>. Jan. 2019