



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

ESRON DTAMAR DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS PREDITIVOS DE EVASÃO NA**  
**EAD DA UNIVASF, A PARTIR DA TEORIA DA**  
**DISTÂNCIA TRANSACIONAL**

**JUAZEIRO - BA**

**2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

ESRON DTAMAR DA SILVA

**AVALIAÇÃO DE MODELOS PREDITIVOS DE EVASÃO NA  
EAD DA UNIVASF, A PARTIR DA TEORIA DA  
DISTÂNCIA TRANSACIONAL**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco - Univasf, *Campus Juazeiro*, como requisito da obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis Cavalcanti Ramos

**JUAZEIRO - BA**

**2019**

## RESUMO

Os avanços do acesso às tecnologias da informação criou um ambiente fértil para a pesquisa na área de ensino a distância. Porém, apesar da grande disponibilidade e flexibilidade, os cursos da modalidade EAD, no Brasil, ainda sofrem com o problema da evasão de estudantes, como vem sendo mostrado no Censo EAD.BR dos últimos anos. Acompanhando o crescimento da EAD, se desenvolve também a área de Mineração de Dados Educacionais. Inspirado pela Teoria da Distância Transacional (TDT), este trabalho propõe a utilização da metodologia de descoberta de conhecimento em bancos de dados para construir e comparar modelos de classificação da situação final de um aluno de curso EAD entre duas classes, evadidos e não evadidos. Este trabalho aplica a metodologia proposta por Ramos et al (2016), adaptado ao contexto da EAD na UNIVASF, onde as variáveis utilizadas nos modelos preditivos são construídas com base nos construtos da TDT, comparando os resultados obtidos com um novo cenário educacional.

**Palavras-chave:** Educação a distância. Mineração de dados educacionais. Evasão. Aprendizagem de máquina

## **ABSTRACT**

The advances in information technologies created a very fertile research environment in the distance education field. However, despite of the great disponibility and flexibility, the brazilian DE course genre still suffers from the students evasion problem, as shown by the EAD.BR census in the last few years. Along with the growing in DE, the Educational Data Mining is developing as well. Inspired by the Transactional Distance Theory, this works proposes the using of knowledge discovery in databases to construct and compare classification models on the final situation of a DE student between two classes, evasor and not-evasor. This work applies the methodology proposed by Ramos et al (2016), adapted to the EAD context in UNIVASF, where the variables utilized in the predictive models are constructed based on the TDT attributes, comparing the results found with a new educational scenario.

**Key-words:** Distance education. Educational data mining. School evasion.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de descoberta de conhecimento em bases de dados . . . . .	19
Figura 2 – Principais áreas relacionadas com EDM . . . . .	22
Figura 3 – Exemplo de classificação . . . . .	24
Figura 4 – Abordagem geral para a construção de um modelo de classificação . . .	25
Figura 5 – Exemplo de árvore de decisão usada para classificação construída com um domínio de dados uni-dimensional . . . . .	27
Figura 6 – Os 1, 2 e 3 vizinhos mais próximos de um ponto dado . . . . .	28
Figura 7 – Previsões utilizando regressão logística. As probabilidades se encontram no intervalo entre 0 e 1 . . . . .	29
Figura 8 – Fluxo básico do processo KDD . . . . .	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Taxas de evasão ao longo dos anos segundo o censo realizado pela ABED	16
Tabela 2 – Taxas de evasão em cursos superiores presenciais e a distância . . . . .	17
Tabela 3 – Cronograma de atividades para o TCC II . . . . .	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de matriz de confusão . . . . .	25
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABED	Associação Brasileira de Educação a Distância
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CFA	Análise Fatorial Confirmatória
DM	<i>Data Mining</i>
DT	Distância Transacional
EAD	Educação a Distância
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
IES	Instituição de ensino superior
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>
KNN	<i>K-nearest Neighbors</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
RL	Regressão Logística
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TDT	Teoria da Distância Transacional
UNIVASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA . . . . .	10
1.2	OBJETIVOS . . . . .	11
1.2.1	Objetivo geral . . . . .	11
1.2.2	Objetivos específicos . . . . .	11
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>12</b>
2.1	TEORIA DA DISTÂNCIA TRANSACIONAL . . . . .	12
2.1.1	Diálogo . . . . .	13
2.1.2	Estrutura do curso . . . . .	14
2.1.3	Autonomia do aluno . . . . .	15
2.2	EVASÃO DE ALUNOS NA EAD . . . . .	15
2.3	RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA TRANSACIONAL E A EVASÃO EM CURSOS A DISTÂNCIA . . . . .	17
2.4	MINERAÇÃO DE DADOS E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO . . .	18
2.4.1	Dados educacionais . . . . .	20
2.4.2	Mineração de Dados Educacionais . . . . .	21
2.5	APRENDIZAGEM SUPERVISIONADA . . . . .	22
2.5.1	Classificação . . . . .	23
2.5.1.1	Árvore de decisão . . . . .	25
2.5.1.2	K-ésimo vizinho mais próximo . . . . .	27
2.5.1.3	Regressão logística . . . . .	29
2.6	TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA PROPOSTA . . . . .</b>	<b>32</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA . . . . .	32
3.2	MÉTODO . . . . .	33
3.3	MATERIAIS . . . . .	34
3.3.1	Moodle . . . . .	34
3.3.2	MySQL . . . . .	34
3.3.3	Python . . . . .	34
3.3.4	Anaconda Python Distribution . . . . .	35
3.3.5	Jupyter Notebook . . . . .	35
3.3.6	Python Data Analysis Library . . . . .	35
3.3.7	Numpy . . . . .	35
3.3.8	Scikit-learn . . . . .	36

4	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	37
5	CRONOGRAMA . . . . .	38
	REFERÊNCIAS . . . . .	39

## 1 INTRODUÇÃO

O desafio de levar educação e formação profissional a lugares remotos, onde dificilmente a formação presencial tradicional conseguiria alcançar de maneira efetiva, é uma das principais bandeiras da Educação a Distância (EAD). Entretanto, outros desafios surgem em decorrência da expansão da modalidade: como garantir a qualidade dessa formação? como transpor modelos de educação presencial para a distância? como atuar de maneira a prevenir e reduzir os altos índices de evasão ainda verificados na modalidade? São questões como essas que devem ser respondidas a partir do desenvolvimento de pesquisas nas diversas características da modalidade. O uso de novas tecnologias e processos pode lançar luzes sobre essas questões.

A partir do uso de algoritmos de aprendizagem de máquina já consolidados na área de mineração de dados, pretende-se testar modelos preditivos da evasão de alunos na EAD, que foram testados em alunos e cursos de outra instituição, para confirmar ou não a sua aplicabilidade nos cursos de graduação a distância ofertados pela UNIVASF, cotejar os resultados e propor possíveis ferramentas para análise de dados no futuro.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Diversas iniciativas reforçam o crescimento da Educação a Distância (EAD) e exigem uma atenção maior nos aspectos importantes para a consolidação e manutenção das atividades dessa modalidade nas instituições. Dentre esses aspectos, está a necessidade de pesquisas voltadas para a modalidade, como forma de se agregar procedimentos validados cientificamente, ferramentas de gestão e avaliação mais eficientes e abrangentes e metodologias inovadoras e capazes de superar grandes desafios impostos pela EAD, tais como a adequação das metodologias de ensino, a gestão acadêmica e as altas taxas de evasão verificadas na modalidade.

O avanço da modalidade de EAD requer estudos que apontem maneiras cada vez mais consistentes de tornar a modalidade eficiente. Projetar recursos que suportem as atividades de acompanhamento em cursos oferecidos em um ambiente virtual de ensino poderá contribuir significativamente para este propósito. Os recursos a serem propostos podem ser obtidos a partir de metodologias de análise que envolvem o conhecimento das estratégias pedagógicas dos ambientes virtuais atualmente em uso, o levantamento das necessidades apontadas pelos profissionais que atuam na área e na elicitação dos requisitos para implementação de ferramentas de visualização de dados de diversas atividades dentro de um curso on-line. (RAMOS, 2016)

Com a expansão do EAD de maneira responsável e planejada, com infraestrutura

compatível e recursos humanos qualificados, será possível a oferta de novos cursos pelas instituições, disseminando conhecimento e possibilitando mais oportunidades para o desenvolvimento regional.

Os altos índices de evasão dos alunos em cursos na educação a distância representa um grande desafio para todos os que atuam na modalidade. Além desses índices estarem em níveis elevados, observou-se também que estão em crescimento, o que demanda por pesquisas e ações que busquem não somente estancar esse crescimento, mas também reduzir essas taxas. Há uma necessidade contínua de desenvolvimento de pesquisas que apontem caminhos, métodos e ferramentas que os auxiliem a enfrentar melhor esse problema. O uso de técnicas estatísticas e de mineração de dados, em conjunto com teorias consolidadas na modalidade, pode fornecer mecanismos eficientes de detecção precoce do risco de evasão pelos alunos (RAMOS, 2016).

Espera-se com este trabalho contribuir para o fortalecimento da modalidade, além de fomentar a linha de pesquisa voltada para o estudo das tecnologias educacionais, tão evidenciadas e diversificadas a partir do uso cada vez maior das tecnologias de informação e comunicação no processo de ensino/aprendizagem.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa será desenvolvida com o propósito de atingir os seguintes objetivos geral e específicos:

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar se um conjunto de modelos de predição desenvolvidos para outro cenário de EAD, pode também ser usado para prever quais alunos têm tendência a evasão em cursos nessa modalidade na UNIVASF, mantendo os resultados em níveis satisfatórios, comparados aos originais.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Adaptar os modelos preditivos já desenvolvidos para uma outra ferramenta tecnológica.
- Aplicar os classificadores em bases de dados de cursos EAD na UNIVASF.
- Avaliar os resultados dos classificadores segundo métricas consolidadas.
- Comparar o desempenho dos classificadores com os resultados obtidos no contexto da pesquisa original.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A necessidade de apoiar o desenvolvimento da EAD tem feito surgir novas teorias, métodos, abordagens de ensino e tratamento das informações, geradas nas diversas tecnologias usadas na EAD. Serão abordadas nas seções seguintes, as principais temáticas que serão usadas neste estudo, dando-lhe as bases teóricas necessárias para o seu desenvolvimento e compreensão dos seus resultados futuros.

### 2.1 TEORIA DA DISTÂNCIA TRANSACIONAL

Em 1972, Michael Grahame Moore propôs teorias pioneiras para a educação a distância. Essa teoria seria posteriormente denominada de Teoria da Distância Transacional (TDT). Ao longo de mais de 40 anos desde de seus fundamentos iniciais, o próprio autor e outros pesquisadores trataram de atualizá-la, principalmente em razão da evolução tecnológica e da necessidade de sua renovação periódica. Os textos originais do autor estão nas suas obras de 1973, 1993 e 2013 (MOORE, 1973, 1993, 2013).

Em seus estudos, Moore (2008) afirmou que, na EAD não existe apenas uma distância física entre professores e alunos mas também uma distância psicológica. Esta é uma teoria que descreve as relações estudante-professor e intra-estudante e suas consequências na qualidade do ensino a distância. Na TDT, este universo de relações pode ser estudado baseando-se na construção dos componentes ou construtos elementares deste campo, sendo eles, a estrutura dos programas e cursos, a interação entre alunos e professores ou diálogo e a próprio grau de autonomia e independência do estudante. Uma teoria educacional que afirma que a educação a distância tem a sua própria identidade e características pedagógicas distintivas. É a primeira, se não a única, teoria em EAD que pode ser utilizada para testar hipóteses. Como outras teorias, pode ser usada para calcular uma heurística, utilizada para tomada de decisões em projetos de cursos da EAD (MOORE, 2008).

Dewey e Bentley (1960) elaboraram o conceito de transação, que, conforme foi exposto posteriormente por Boyd e Apps (1980), denota a interação entre o ambiente, os indivíduos e os padrões de comportamento numa dada situação. Uma transação, em educação a distância, é a interação entre professores e alunos que estão espacialmente separados. Como foi definido por Moore (2008), essa separação cria padrões especiais de comportamento que afetam tanto o ensino quanto o aprendizado. Derivado da separação, surge um espaço psicológico e comunicacional propício a mal-entendidos nas intervenções instrutor-aluno. A esta separação é dado o nome de Distância Transacional (DT).

Distância Transacional é o espaço psicológico e comunicacional gerado pela separação entre alunos e professores em um ambiente de educação a distância. O termo distância

se refere a este espaço psicológico e não a distância física entre os participantes de um curso EAD (GOEL *et al.*, 2012). Esta distância é uma função de três construtos: diálogo, estrutura do curso e autonomia do aluno.

Faz-se necessário lembrar que, segundo Moore (2008) a distância transacional não é um valor fixo ou dicotômico, na verdade é um valor relativo e contínuo. E é diferente para cada estudante, mesmo entre os que compartilham o mesmo curso. Foi apontado por Rumble (1986) que existe uma DT mesmo em cursos presenciais. A vista desses argumentos, podemos dizer que a EAD é um subconjunto da educação e os estudos realizados em EAD podem auxiliar a teoria e prática da educação tradicional. Porém, em uma situação classificada como EAD, a distância entre os participantes - professores e alunos - é grande o suficiente para justificar a investigação de técnicas próprias de ensino-aprendizagem.

Os procedimentos de ensino se dividem em dois grupos, e acontece também um terceiro grupo de variáveis que descreve o comportamento dos alunos. A DT é uma função desses três grupos de variáveis. Essas variáveis não são tecnológicas ou comunicacionais, na verdade, são variáveis em ensino e aprendizagem e na interação entre ensino e aprendizagem. Em TDT, estes grupos de variáveis recebem o nome de Diálogo, Estrutura e Autonomia do Aluno (MOORE, 2008).

### 2.1.1 Diálogo

Diálogo foi originalmente definido por Moore (1973, 1993, 2013) como sendo interações focadas, positivas, propositais entre o professor e os alunos. Ainda segundo Moore, o diálogo ocorre entre professores e alunos quando alguém ensina e os demais reagem. Interações negativas ou neutras não são classificadas como diálogo. O diálogo deve ser direcionado para o aperfeiçoamento da compreensão por parte do aluno.

“A extensão e natureza do diálogo são determinadas pela filosofia educacional da instituição responsável pelo projeto do curso, pelas personalidades do professor e do aluno, pelo tema do curso e por fatores ambientais.” (CABAU; COSTA, 2018, p. 438).

Moore (2008) cita meios de comunicação como um importante fator ambiental na EAD, no entanto, relata ser importante que outras variáveis sejam atendidas à medida que a EAD amadurece, as variáveis destacadas por Moore foram: projeto de curso, seleção e treinamento de instrutores e o estilo de aprendizagem dos alunos.

É o mediador central da DT e referenciado como medida de aprendizado ao passo que a DT seria uma medida de não-aprendizado. No entanto, já que o diálogo não se limita apenas à interação professor-aluno, especialmente com os avanços da EAD provendo novas formas de interações entre estudantes, diversos pesquisadores vêm propondo a inclusão de interações/relacionamentos entre alunos no conceito de diálogo (BENSON; SAMARAWICKREMA, 2009; CHEN; WILLITS, 1999; HUANG *et al.*, 2016).

### 2.1.2 Estrutura do curso

A estrutura do curso diz respeito aos elementos do projeto, bem como, divisão do curso em unidades, objetivos, estratégias institucionais e métodos de avaliação. A estrutura transmite a flexibilidade ou rigidez dos elementos do curso. É também responsável pela facilitação ou não-facilitação do diálogo (MOORE, 2008).

Bem como o diálogo, a estrutura do curso é uma variável qualitativa, e a medida da estrutura em um programa EAD é, normalmente, determinada pela natureza dos meios de comunicação empregados, e também pela filosofia e personalidade dos professores, pelas personalidades dos alunos e pelas restrições impostas pelas instituições educacionais (MOORE, 2008).

Embora Moore atribua como qualitativa o tipo de variável relacionada ao diálogo e à estrutura, diversos estudos recentes mostraram que é possível quantificar e mensurar esses componentes da TDT (ZHANG, 2003; HORZUM, 2011; PAUL *et al.*, 2015; RAMOS, 2016).

Ramos *et al.* (2016), propôs o mapeamento do comportamento de usuários de um *Learning Management System* (LMS), em variáveis que representam os construtos da TDT. O objetivo foi descrever e validar um conjunto de variáveis com as quais esses construtos podem ser medidos, permitindo o desenvolvimento de pesquisas na área, assim como a obtenção destas medidas a qualquer momento do curso e sem a necessidade de questionários. A criação e validação de um conjunto final de variáveis foi feita a partir da Análise Fatorial Confirmatória (CFA), que apontou como cada construto pode ser representado por um conjunto de atributos obtidos a partir do banco de dados do LMS.

Em cursos gravados em fitas, discos, ou mesmo cursos televisionados a estrutura é rígida e o diálogo não existe, pois não é possível reorganizar o conteúdo para levar em consideração as interações de um aluno. Em contrapartida cursos por teleconferências, permitem ampla variedade de respostas alternativas do instrutor às perguntas dos participantes. Um curso altamente estruturado não possibilita o diálogo professor-aluno, consequentemente a DT entre alunos e professores aumenta. No entanto, o contrário não pode ser generalizado. "... a extensão do diálogo e a flexibilidade da estrutura variam de programa para programa. É esta variação que dá a um programa maior ou menor distância transacional que outro" (MOORE, 2008).

Em um programa com pequena DT os alunos recebem instruções e orientações por meio do diálogo com o instrutor, neste caso é possível ter uma estrutura aberta, que dê respaldo para tais interações. Em programas com maior DT é necessário uma estrutura robusta, materiais didáticos que forneçam todas as orientações, instruções e aconselhamentos que o instrutor puder prever, mas sem a possibilidade de alterações por meio de diálogo aluno-professor (MOORE, 2008).

Temos então que, em programas mais distantes, os alunos precisam se responsabilizar em escolher quais atividades e avaliações serão feitas e quando serão feitas. Mesmo que o curso seja bem estruturado, o estudante, na falta de diálogo, decidirá quais atividades serão realizadas, quando, e qual a importância de cada uma. Sendo assim, quanto maior a DT mais é exigido uma autonomia do aluno (MOORE, 2008).

### 2.1.3 Autonomia do aluno

No período do surgimento da TDT, década de 1970, ela representava a fusão de duas tradições pedagógicas presentes nos anos 1960 que pareciam contraditórias. Uma, a tradição humanística, que valorizava o diálogo aberto, não-estruturado e interpessoal, tanto na educação quanto no aconselhamento. A outra, a tradição behaviorista que valorizava o projeto sistemático da instrução, baseado em objetivos comportamentais com o máximo de controle do processo de aprendizagem por parte do professor. No início dos anos 1970, a EAD era dominada pela tradição behaviorista. Tanto que, o título do primeiro trabalho sobre a TDT de Moore (1972) foi: “A autonomia do aluno — a segunda dimensão da aprendizagem independente”. Neste trabalho Moore afirmou que: “educadores por correspondência universitários limitavam o potencial do seu método ao negligenciar a habilidade dos alunos em compartilharem a responsabilidade por seus próprios processos de aprendizagem” (MOORE, 2008).

O termo “autonomia do aluno” foi escolhido para descrever os padrões de comportamento de alunos que usavam materiais didáticos e programas de ensino para atingir seus próprios objetivos, à sua maneira e sob seu próprio controle (MOORE, 2008).

Boyd (1996 apud MOORE, 2008) criou uma descrição para o comportamento ideal de uma pessoa emocionalmente independente de um instrutor, uma pessoa que pode abordar assuntos diretamente sem ter um adulto participando de um conjunto de papéis de mediação entre o aluno e a matéria de estudo.

Autonomia do aluno se refere a capacidade de se auto-direcionar. Moore (2008) definiu o estudante autônomo ideal como “a pessoa emocionalmente independente de um professor” e quem “tem capacidade de abordar o assunto estudado diretamente sem a ajuda de um instrutor”. Diferente da estrutura do curso e do diálogo, é um fator que depende apenas do aluno. Um aprendiz pouco autônomo pode precisar de um direcionamento maior e uma estrutura mais rígida (HUANG *et al.*, 2016).

## 2.2 EVASÃO DE ALUNOS NA EAD

O censo mais recente, no período da escrita deste trabalho, realizado pela Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED), com dados de 2016, consultou 340 instituições em todo o país, formadoras e fornecedoras de produtos e serviços para EAD (ABED,



2017).

De acordo com o Censo EAD.BR 2016 as taxas de evasão informadas pelos respondentes recaíram principalmente entre 11% e 25%. O censo também revelou que entre os respondentes, as taxas de evasão dos cursos semipresenciais tem taxa de evasão menor que cursos totalmente a distância. A Tabela 1 compara os índices dos 4 últimos censos realizados pela ABED (ABED, 2014; ABED, 2015; ABED, 2016; ABED, 2017)

**Tabela 1** – Taxas de evasão ao longo dos anos segundo o censo realizado pela ABED

Taxas de evasão declaradas	Percentuais de instituições declarantes, por faixa			
	2013	2014	2015	2016
Até 25%	65%	50%	53%	58%
Entre 26 e 50%	24%	38%	40%	19%
Acima de 50%	2%	2%	7%	1%
Não declararam	9%	10%	-	22%

**Fonte:** ABED (2014), ABED (2015), ABED (2016), ABED (2017).

Entre os motivos para evasão investigados e declarados no censo, questões financeiras e falta de tempo foram os citados como os que geram maior evasão. Houve uma parcela considerável de respondentes que acredita que a evasão não é um problema em cursos totalmente a distância pois os participantes podem sempre retornar.

Em cursos livres o motivo mais citado foi a falta de tempo, e também grande parte dos respondentes acredita que os alunos de cursos livres não corporativos sempre podem retornar.

O Censo EAD.BR 2016 apontou que cursos presenciais, semipresenciais e corporativos possuem mecanismos que vão além do conteúdo e da interação online com professores para manter seus alunos engajados. Já os cursos totalmente a distância e cursos livres não corporativos dependem apenas da experiência do aluno com o conteúdo e com seus professores e tutores.

A Tabela 2 apresenta dados dos indicadores da evasão, em cursos superiores a distância, segundo o Mapa do Ensino Superior no Brasil Edições 2015 e 2016, que foram publicados pelo Sindicato das Empresas Mantenedoras do Ensino Superior (SEMESP) feito com base nos dados do INEP dos anos 2013 e 2014.

Segundo o trabalho de Ribeiro (2005 apud PAZ; CAZELLA, 2017) a evasão em instituições de ensino superior (IES) é um tema complexo na gestão universitária no Brasil. E, segundo Costa *et al.* (2012b apud PAZ; CAZELLA, 2017), um grave problemas das universidades brasileiras é o aumento das taxas de evasão escolar.

MANHÃES *et al.* (2012) identificaram que a descoberta precoce de grupos de

**Tabela 2** – Taxas de evasão em cursos superiores presenciais e a distância

Ano	Cursos presenciais		Cursos a Distância	
	IES públicas	IES privadas	IES públicas	IES privadas
2013	17,8%	27,4%	25,6%	29,2%
2014	18,3%	27,9%	26,8%	32,5%

Fonte: SEMESP (2015), SEMESP (2016)

estudantes com risco de evasão é condição importante para reduzir tal problema pois possibilita proporcionar algum tipo de atendimento personalizado para a situação de cada aluno. Ainda segundo MANHÃES *et al.* (2012), os processos de identificação desses grupos à época eram manuais e sujeitos a falhas e dependiam primordialmente da experiência do docente.

Motivado pelos problemas elencados acima este trabalho se baseia em técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina (AM) para tentar categorizar, previamente, o comportamento de alunos da EAD na Univasf e mitigar os problemas da evasão escolar.

### 2.3 RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA TRANSACIONAL E A EVASÃO EM CURSOS A DISTÂNCIA

Pela sua definição, a distância transacional é um dos fatores que pode gerar maior dificuldade no engajamento significativo e na comunicação do estudante no ambiente de aprendizagem (GOEL *et al.*, 2012). Além de Moore (2008), outros autores afirmaram que quanto maior for a distância transacional, maior a possibilidade de ocorrência de problemas como atritos, insatisfações e abandono de cursos (ZHANG, 2003; STEINMAN, 2007; HORZUM, 2011; MBWESA, 2014; PAUL *et al.*, 2015).

Zhang (2003), em sua tese de doutorado, demonstrou a existência de uma correlação negativa entre a distância transacional e o envolvimento dos alunos com a sua aprendizagem, assim como com a sensação de satisfação e a intenção do aluno em persistir no seu curso on-line.

Os elementos da distância transacional são preditores do engajamento e da satisfação dos alunos em cursos on-line, o que, de certa forma, são elementos relacionados com a decisão de permanecer ou abandonar o curso, segundo a revisão de Paul *et al.* (2015) do trabalho de Zhang (2003).

Para Steinman (2007), as percepções dos alunos de cursos on-line podem ser negativas se eles experimentam grande distância transacional com o instrutor e com outros alunos, podendo ainda influenciar sua decisão de permanecer ou abandonar o curso, uma vez que a distância transacional afeta a satisfação e retenção dos alunos, esse conceito é

visto como um importante tópico de discussão sobre evasão em cursos on-line.

A obtenção dos construtos da distância transacional pode refletir uma condição ou um estado de um curso no tempo de sua execução, permitindo, por exemplo, que professores e tutores notem um distanciamento exagerado de determinados alunos e consigam intervir no sentido de prevenir ou reverter situações de evasão de alunos do curso (HORZUM, 2011).

Em sua pesquisa, Mbwesa (2014), procurou estabelecer os construtos da distância transacional como estimadores da satisfação dos alunos em um curso a distância. De acordo com os resultados do estudo, as distâncias transacionais verificadas entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-conteúdo foram preditores importantes da satisfação percebida dos alunos com os cursos por EAD.

## 2.4 MINERAÇÃO DE DADOS E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO

Segundo Costa *et al.* (2012a) Mineração de Dados (MD, ou do inglês, *Data Mining*, DM), pode ser interpretada como uma etapa de um processo mais amplo denominado como Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados (DCBD, ou do inglês, *Knowledge Discovery in Databases*, KDD). Em KDD também são identificadas duas grandes etapas: a de pré-processamento de dados, onde os dados são captados tratados e organizados, e a de pós-processamento dos resultados obtidos da etapa de mineração.

De acordo com Fayyad *et al.* (1996) KDD é o processo não trivial de identificação de padrões, a partir de dados, que sejam válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis. Esta é uma definição abrangente, onde KDD é um processo de geral de descoberta de conhecimento composto pelas três etapas mencionadas. Os novos dados gerados devem ser novos, compreensíveis e úteis, sendo assim, devem trazer novos benefícios de fácil compreensão para ajudar na tomada de decisões.

No entanto Klösgen e Zytkow (2002) descrevem DM como sinônimo de KDD, descrevendo ambos como uma disciplina que objetiva a extração de automática de padrões interessantes e implícitos de grandes coleções de dados.

Cabena *et al.* (1997) definem DM como uma área interdisciplinar, mobilizando principalmente conhecimentos de análise estatística de dados, aprendizagem de máquina, reconhecimento de padrões e visualização de dados.

Com o objetivo de descobrir conhecimentos relevantes em KDD, é necessário estabelecer metas bem definidas. Segundo Fayyad *et al.* (1996), as metas são definidas em função do objetivo na utilização da metodologia, sendo dois tipos básicos de metas: verificação e descoberta. No caso de verificação, o sistema está limitado a testar hipóteses definidas pelo usuário, enquanto que em descoberta o sistema encontra novos padrões de forma autônoma. Quando a meta é do tipo descoberta, em geral, o objetivo está relacionado

com as seguintes tarefas de mineração de dados: predição e descrição.

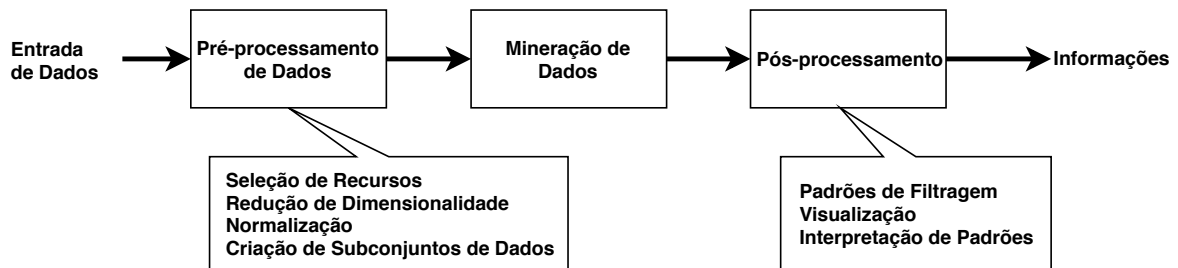
Tarefas preditivas tem objetivo de prever o valor de um determinado atributo baseado nos valores de outros atributos. O atributo a ser predito pode ser chamado de variável preditiva, dependente ou alvo, já os atributos utilizados na predição são chamados de variáveis preditoras, independentes ou explicativas. Sendo generalista, a predição utiliza um conjunto de variáveis para prever o valor de outras (FAYYAD *et al.*, 1996).

Tarefas descritivas objetivam encontrar padrões — correlações, tendências, grupos, trajetórias e anomalias — que representem os dados (FAYYAD *et al.*, 1996).

Para realizar tarefas de predição e descrição são utilizadas alguma das seguintes tarefas e métodos de mineração de dados: classificação, regressão, agrupamento, sumarização, modelagem de dependência e identificação de mudanças e desvios.

Segundo Tan *et al.* (2009), DM é uma parte integral do KDD, um processo geral de conversão de dados brutos em informações úteis, sendo este composto de uma série de passos de transformação, do pré-processamento dos dados até o pós-processamento dos resultados da mineração de dados. A Figura 1 ilustra uma visão geral do KDD segundo Tan *et al.*

**Figura 1** – Processo de descoberta de conhecimento em bases de dados



**Fonte:** Tan *et al.* (2009)

Ainda segundo Tan *et al.* (2009) os dados de entrada podem estar armazenados nos mais diversos formatos (tabelas eletrônicas, bases de dados estruturadas, arquivos simples), e podem estar em um único repositório em distribuídos por diversas fontes. A etapa de pré-processamento é responsável por transformar os dados brutos em dados apropriados para as análises seguintes. Fusão de dados de múltiplas fontes, limpeza para remoção de ruídos e entradas duplicadas e seleção de registros e características relevantes à DM são passos importantes realizados na etapa de pré-processamento. Como existem diversas formas de se coletar e armazenar os dados, o pré-processamento se torna, muitas vezes, o trecho mais demorado e trabalhoso do KDD.

De acordo com Tan *et al.* (2009) pós-processamento é a etapa do KDD onde os dados válidos e úteis gerados na etapa de mineração são integrados a ferramentas de

auxílio na tomada de decisões. Um exemplo de pós-processamento é a visualização de dados, que permite, por meio de gráficos interativos ou não, auxiliar na interpretação de comportamentos e características dos dados. Também podem ser utilizadas estatísticas ou testes de hipóteses para eliminar resultados não legítimos da mineração de dados.

### 2.4.1 Dados educacionais

Com o crescente desenvolvimento das tecnologias da informação, e a quantidade de instituições de EAD que se utilizam de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), ou mesmo outras tecnologias de apoio ao processo de ensino e aprendizagem, está sendo gerado um imenso volume de dados relacionados com essa modalidade de ensino. O volume de dados gerado atualmente é muito maior do que um pesquisador ou analista é capaz de analisar, tendo em vista limitações de processamento e a desestruturação dos dados gerados. Estes aspectos apresentam por si os desafios ligados ao tratamento desses conjuntos de dados (RIGO *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2012a).

Os dados provenientes dos contextos educacionais tem natureza mais diversa que os dados utilizados tradicionalmente em DM, necessitando, portanto, adaptações e novas técnicas. ao passo que, essas naturezas diversas representam um grande potencial de implementação de recursos fundamentais para auxílio na melhoria da educação, por exemplo, a criação de alertas, apoio a sistemas de recomendação ou a captura de perfis estudantis (RIGO *et al.*, 2014).

Bousbia e Belamri (2014) classificaram os dados educacionais utilizados em DM segundo as seguintes características: disponibilidade de dados, formas de coleta, ambiente de aprendizado, descrição do nível educacional, tipo de dado. A seguir é detalhada cada uma dessas características.

Existem três classificações para os dados de acordo com a sua disponibilidade: dados já disponíveis gravados ao longo dos anos na bases de dados das instituições (e.g. notas dos estudantes, arquivos de logs dos softwares de aprendizado), dados gerados por experimentos durante alguma pesquisa e dados disponíveis para pesquisadores em repositórios de *benchmark*, como o PSL-Datashop<sup>1</sup> ou o MULCE<sup>2</sup> (BOUSBIA; BELAMRI, 2014).

Para as formas de coleta existem três classificações possíveis: manual, quando os dados são coletados por um observador humano que anota as informações para avaliar as atividades dos participantes do processo de aprendizado; digital, dados gerados com o uso de *hardwares* configurados para gravar as atividades do estudante, resultam em registros em arquivos de logs, bases de dados ou ainda arquivos de áudio ou vídeo. A

<sup>1</sup> <<https://psldatashop.web.cmu.edu/>> Acesso em: 25 de fev. 2019.

<sup>2</sup> <<http://repository.mulce.org>> Acesso em: 25 fev. 2019.

terceira classificação diz respeito às fontes de dados mistas, onde ambos os métodos são utilizados simultaneamente (BOUSBIA; BELAMRI, 2014).

No tocante ao ambiente de aprendizado existem duas classificações: educação tradicional, seja ensino fundamental, médio ou superior e educação baseada em computador, i.e. sistemas de tutoria inteligente, sistemas de gerenciamento de aprendizado, sistemas educacionais adaptativos de hipermídia, jogos educacionais, testes e questionários (ROMERO; VENTURA, 2013).

Por último, a classificação segundo os tipos de dados tem as seguintes possibilidades (BOUSBIA; BELAMRI, 2014):

- Dados quantitativo ou qualitativo.
- Dados pessoais, administrativos e/ou demográfico.

Um exemplo de dados qualitativos administrativos seriam respostas de questionários psicológicos para medidas de satisfação, motivação, habilidade, características cognitivas, etc., dos usuários.

Um exemplo de dados quantitativos e pessoais seriam as interações individuais com o sistema educacional, desde ações granulares como, cliques de mouse, até ações de mais alto nível como, quantidade de entradas no sistema, padrão de navegação, etc.

#### **2.4.2 Mineração de Dados Educacionais**

Existem diversas definições sobre Mineração de Dados Educacionais (do inglês, *Educational Data Mining*, EDM). Segundo Costa *et al.* (2012a), a área emergente de EDM procura desenvolver ou adaptar métodos e algoritmos de mineração existentes, de tal modo que se prestem a compreender melhor os dados em contextos educacionais, produzidos principalmente por estudantes e professores, considerando os ambientes nos quais eles interagem, tais como AVAs, Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), entre outros.

De acordo com Baker e Yacef (2009), a EDM é definida como a área da investigação científica centrada em torno do desenvolvimento de métodos para realizar descobertas ligadas aos tipos únicos de dados que provém de ambientes educacionais, e uso desses métodos para melhor entender os estudantes e o ambiente em que ocorre o aprendizado.

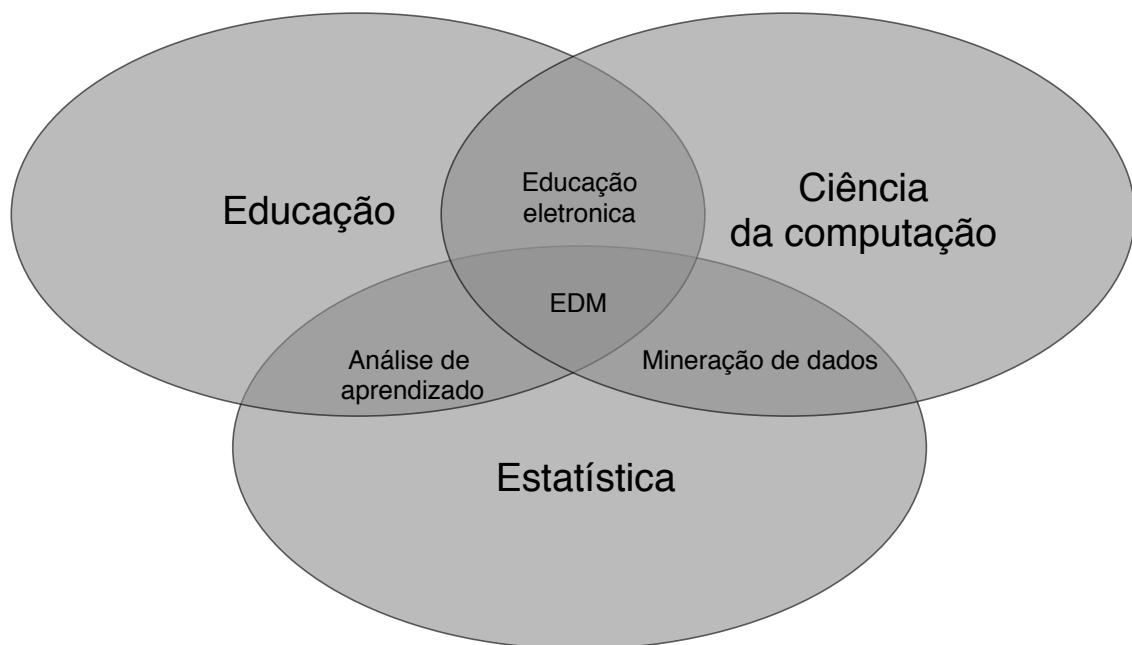
Romero e Ventura (2010) definiram EDM como um campo que usa da estatística, aprendizado de máquina e DM sobre dados educacionais com principal objetivo de analisar esses dados para resolver problemas educacionais.

Muitos métodos utilizados em EDM são originalmente da área de mineração de dados. No entanto, segundo Baker *et al.* (2010), muitas vezes estes métodos devem ser modificados, por se fazer necessário considerar a hierarquia da informação. E existe também,

falta de independência estatística nos tipos de dados encontrados ao coletar informações em contextos educacionais. Logo, diversos algoritmos e ferramentas utilizadas na área de DM não podem ser aplicados para análise de dados educacionais sem sofrerem os devidos ajustes (BAKER *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2012a).

A EDM pode ser descrita como a combinação de três principais áreas (Figura 2): ciência da computação, educação e estatística. As interseções dessas três áreas forma subáreas próximas da EDM, como sendo análise de aprendizado (do inglês, *learning analytics* (LA)), ambientes de aprendizado baseados em computador e aprendizado de máquina (ROMERO; VENTURA, 2013).

**Figura 2** – Principais áreas relacionadas com EDM



**Fonte:** Romero e Ventura (2013)

Como qualquer área interdisciplinar, a EDM utiliza métodos e aplica técnicas de estatística, aprendizado de máquina, mineração de dados, recuperação de informação, sistemas de recomendação, psicopedagogia, psicologia cognitiva, psicometria, etc. A escolha de quais métodos ou técnicas devem ser utilizadas depende da natureza do problema educacional para qual se está usando EDM (BOUSBIA; BELAMRI, 2014).

## 2.5 APRENDIZAGEM SUPERVISIONADA

O campo do Aprendizado de Máquina (do inglês, *Machine Learning*, ML) fornece uma ampla área para cientistas explorarem modelos e algoritmos de aprendizado que podem ajudar “máquinas” (computadores) a aprender um dado sistema baseado em

dados. Em outras palavras, o objetivo do ML é construir sistemas inteligentes. Algoritmos de aprendizado são ferramentas de reconhecimento de padrão. A seguir é apresentado, de uma forma geral, a descrição de um problema de ML. Suponha que são dados um conjunto de dados e sua respectiva resposta para um sistema. Então, o problema de ML pode ser definido como ajustar um modelo entre eles, os dados e sua resposta, e como treinar e validar o modelo para aprender as características do sistema através dos dados (SUTHAHARAN, 2016).

Russell e Norvig (2011) definiram, em termos gerais, a aprendizagem supervisionada como a situação em que o agente observa alguns exemplos de pares entrada/saída e aprende uma função que mapeia de entradas para saídas.

A tarefa de Aprendizagem Supervisionada é a seguinte:

Dados um conjunto de treinamento de  $N$  exemplos de pares entrada/saída

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n),$$

onde cada  $y_j$  foi gerado por uma função desconhecida  $y = f(x)$ , descobrir uma função  $h$  que aproxime a verdadeira função  $f$  (RUSSELL; NORVIG, 2011).

Na definição acima,  $x$  e  $y$  podem ser qualquer valor, não necessariamente numérico. A função  $h$  é uma hipótese. Aprender é procurar em um espaço de hipóteses possíveis por uma que tenha alta performance, mesmo em exemplos não contidos no conjunto de treinamento. Para mensurar a acurácia de uma hipótese se utiliza um conjunto de teste, exemplos que são distintos do conjunto de treinamento. É dito que uma hipótese generaliza bem se prediz corretamente os valores  $y$  para exemplos novos (RUSSELL; NORVIG, 2011).

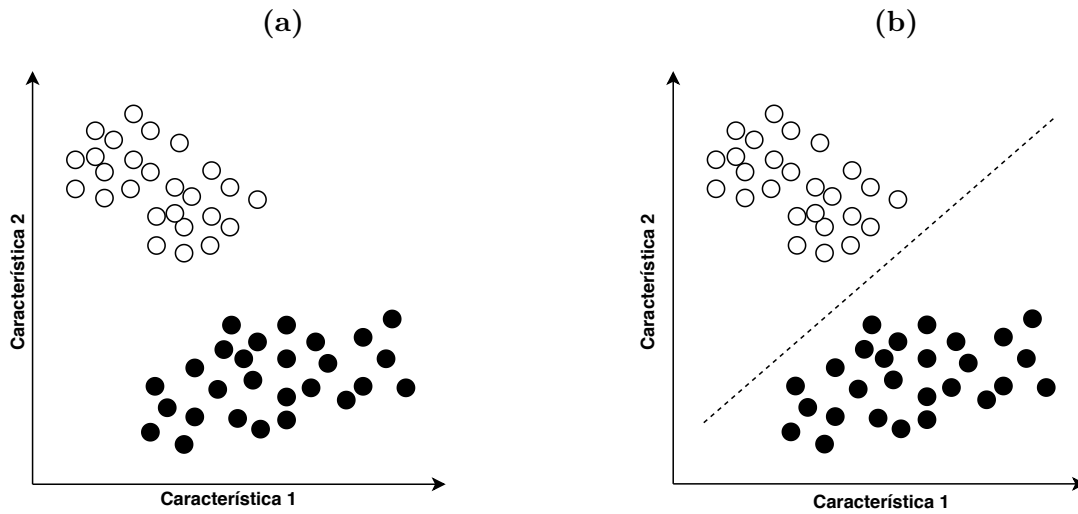
Quando a saída  $y$  é uma em um conjunto finito de valores, o problema de aprendizado é denominado classificação, e é chamado classificação booleana ou classificação binária quando existem apenas dois valores possíveis (RUSSELL; NORVIG, 2011).

### 2.5.1 Classificação

De acordo com Tan *et al.* (2009) Classificação é a tarefa de organizar objetos em uma entre diversas categorias pré-definidas. É um problema universal que engloba muitas aplicações diferentes. É a tarefa de aprender uma função alvo  $f$  que mapeie cada conjunto de atributos  $x$  para um dos rótulos de classes  $y$  pré-determinados. A função alvo também pode ser chamada de modelo de classificação.

Em problemas de classificação, assumimos que são disponibilizados dados etiquetados (classes) para gerar regras (i.e., gerar classificadores através do treinamento) que podem ajudar a atribuir uma etiqueta a novos dados que não possuem classes. Neste caso, podemos derivar uma regra exata pela disponibilidade das classes. Na Figura 3 vemos uma ilustração deste exemplo. É mostrado duas classes, etiquetadas com pontos brancos e



**Figura 3** – Exemplo de classificação

Fonte: O autor

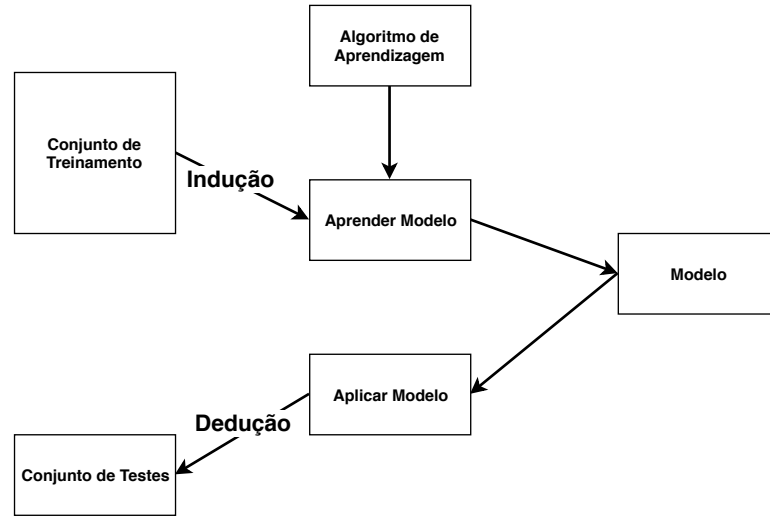
pontos pretos, e uma reta (Figura 3b) representado a regra que nos ajuda a estabelecer uma classe para cada novo ponto (SUTHAHARAN, 2016).

Uma técnica de classificação é uma abordagem sistemática para construção de modelos de classificação a partir de dados de entrada. Cada técnica implementa um algoritmo de aprendizagem para identificar um modelo que seja mais apropriado para o relacionamento entre o conjunto de atributos e as classes dos dados entrada. O modelo gerado pelo algoritmo de aprendizagem deve se adaptar aos dados de entrada e prever corretamente os rótulos de classes de registros que ele não teve contato antes. Ou seja, um dos principais objetivos do algoritmo de aprendizagem é gerar modelos com grande capacidade de generalização (TAN *et al.*, 2009).

Em uma abordagem geral para a construção de um modelo de classificação, primeiro, um conjunto de treinamento consistindo de registros com rótulos de classe conhecido é fornecido. O conjunto de treinamento é usado para construir um modelo de classificação, que é então aplicado a um conjunto de testes, i. e. registros com rótulos desconhecidos para o modelo. A Figura 4 ilustra essa abordagem geral (TAN *et al.*, 2009).

Segundo Tan *et al.* (2009) a avaliação do desempenho de um modelo de classificação é baseada na contagem de registros do conjunto de teste que foram classificados correta e incorretamente. Estas contagens são organizadas em uma tabela denominada matriz de confusão. O Quadro 1 apresenta uma matriz de confusão para um problema de classificação binária. Baseado nas entradas da matriz de confusão, o número de previsões corretas realizadas pelo modelo é  $(f_{11} + f_{00})$  e o número de previsões incorretas é  $(f_{10} + f_{01})$ .

A matriz de confusão mostra informações importantes para determinar a perfor-

**Figura 4** – Abordagem geral para a construção de um modelo de classificação

**Fonte:** Tan *et al.* (2009)

**Quadro 1** – Exemplo de matriz de confusão

		Classe prevista	
		Classe = 1	Classe = 0
Classe real	Classe = 1	$f_{11}$	$f_{10}$
	Classe = 0	$f_{01}$	$f_{00}$

**Fonte:** O autor

mance do modelo, no entanto, resumir estas informações em um único número é mais conveniente quando queremos comparar o desempenho entre diferentes modelos. Isto pode ser feito usando uma métrica de desempenho como a precisão, que é definida da seguinte maneira (TAN *et al.*, 2009):

$$\text{Precisão} = \frac{\text{Número de previsões corretas}}{\text{Número total de previsões}} = \frac{f_{11} + f_{00}}{f_{11} + f_{10} + f_{01} + f_{00}}$$

#### 2.5.1.1 Árvore de decisão

Em ML, existem dois tipos de árvores de decisão: árvores de regressão e árvores de classificação. Uma árvore de decisão utiliza uma abordagem baseada em regras para dividir o domínio dos dados em múltiplos espaços lineares e prever respostas. Se as respostas previstas forem contínuas, então a árvore de decisão é chamada de árvore de regressão, e se as previsões são discretas, ou seja, pertencem a uma classe, então a árvore de decisão é chamada de árvore de classificação (SUTHAHARAN, 2016).

Segundo Suthaharan (2016), árvores de decisão são modelos de aprendizado supervisionado que mapeiam o domínio dos dados hierarquicamente em um conjunto de

respostas. Dividindo o domínio dos dados (também chamado de nó) recursivamente em dois subdomínios de forma que os subdomínios tenham um maior ganho de informação que o nó que foi dividido. Já que o objetivo do aprendizado supervisionado é a classificação dos dados, portanto, o aumento do ganho de informação influencia na eficiência da classificação nos subdomínios criados pela divisão. Encontrar a divisão que traga o máximo de ganho de informação, ou seja, eficiência na classificação é o objetivo dos algoritmos de otimização no aprendizado supervisionado baseado em árvores de decisão.

Suthaharan (2016) traz um exemplo de classificação usando árvore de decisão. Suponha que temos um sistema que produz eventos (observações) que podem pertencer a uma de duas classes, 0 ou 1 (e.g., chuva ou não chuva, cara ou coroa), e estes eventos dependem apenas de uma variável. Consequentemente, definimos o domínio como:  $D = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  (assumimos que isto é um conjunto ordenado), e seus rótulos de classe correspondentes  $L = r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ , onde  $r_i$  pertence  $\{0, 1\}$ , e  $i = 1 \dots n$ . A propagação dos rótulos das classes sobre o domínio dos dados determina a facilidade na classificação. Representamos o ganho de informação do domínio  $D$  em relação a  $L$  por  $I_i$  e dividimos o conjunto ordenado na localização  $m$  para formar dois subdomínios  $D_1 = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  e  $D_2 = \{e_{m+1}, e_{m+2}, \dots, e_n\}$  com os conjuntos de respostas correspondentes  $L_1 = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$  e  $L_2 = \{r_{m+1}, r_{m+2}, \dots, r_n\}$ . Se os respectivos ganhos de informação são  $I_{i1}$  e  $I_{i2}$ , então  $m$  será considerado a melhor divisão se a média  $(I_{i1}, I_{i2}) > I_i$ . Não obstante, precisamos de uma boa medida quantitativa para mensurar o ganho de informação obtido após a divisão dos dados.

Vamos supor que  $p_0$  e  $p_1$  representem as probabilidades de que as classes 0 e 1 possam ser extraídas do domínio  $D$ , respectivamente. Se, por exemplo,  $|p_0 - p_1| \rightarrow 1$ ; então podemos observar que uma classe em particular tem grande predominância neste domínio, portanto, não é mais necessário dividir os dados. Similarmente, se  $|p_0 - p_1| \rightarrow 0$ , então as classes tem predominância igual no domínio; logo, uma divisão é necessária. Neste caso geramos dois subdomínios  $D_1$  e  $D_2$ . Digamos que,  $q_0$  e  $q_1$  são as probabilidades de que a classe 0 e a classe 1 sejam derivadas do subdomínio  $D_1$ , respectivamente. Se a divisão for eficiente,  $q_0 > p_0$  ou  $q_1 > p_1$ . Assumindo  $q_0 > p_0$ , então  $q_0 = p_0 + \epsilon$ , onde  $\epsilon > 0$ .

$$|q_0 - q_1| = |2q_0 - 1| = |2(p_0 + \epsilon) - 1| = |2p_0 + 2\epsilon - 1|$$

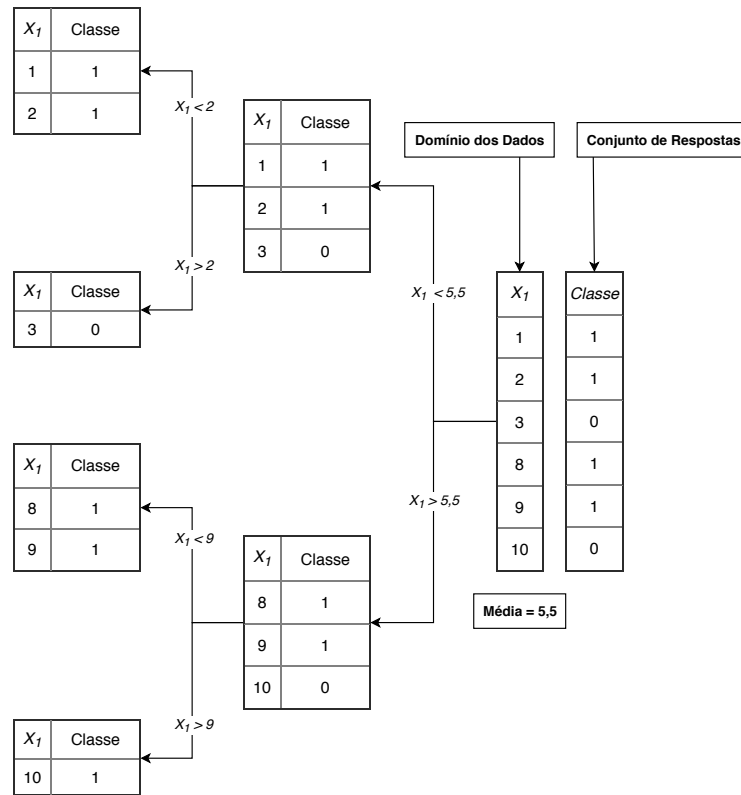
$$|q_0 - q_1| = |p_0 + 1 - p_1 + 2\epsilon - 1| = |p_0 - p_1 + 2\epsilon|$$

Esta equação enfatiza a seguinte inequação, (quando  $q_0 > p_0$ ):

$$|q_0 - q_1| > |p_0 - p_1|$$

As diferenças absolutas na inequação acima são as medidas quantitativas de proporcionalidade entre as classes em seus respectivos subdomínios. Esta medida probabilística é uma boa métrica para abordagem de otimização de árvores de decisão. Na Figura 5 vemos

**Figura 5** – Exemplo de árvore de decisão usada para classificação construída com um domínio de dados uni-dimensional



**Fonte:** Suthaharan (2016)

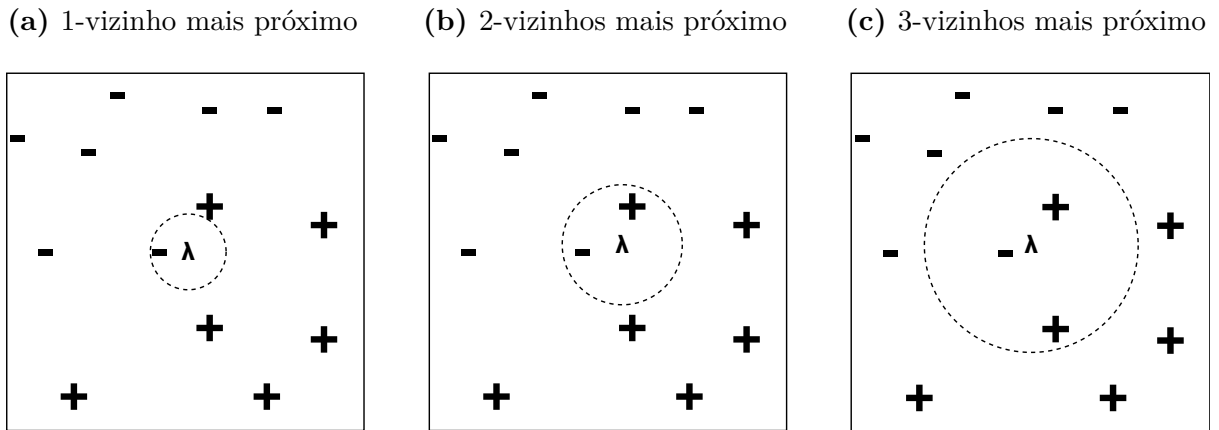
um exemplo de árvore de decisão em termos de divisão de domínios focado no ganho de informação.

#### 2.5.1.2 K-ésimo vizinho mais próximo

Fix e Hodges (1951 apud PETERSON, 2009) introduziram um método não paramétrico de reconhecimento de padrões que ficou conhecido como Regra do K-ésimo Vizinho Mais Próximo (do inglês, *K-nearest-neighbor*, KNN). O KNN é um dos algoritmos de classificação mais simples e mais fundamentais e deveria ser a primeira escolha para um estudo de classificação quando se tem pouco ou nenhum conhecimento sobre a distribuição dos dados. A classificação com KNN foi desenvolvida a partir da necessidade de realizar análises discriminatórias quando estimativas confiáveis de densidade de probabilidade dos dados não são conhecidas ou difíceis de determinar. Cover *et al.* (1967 apud PETERSON, 2009) descreveram as propriedades formais do KNN, por exemplo, foi demonstrado que para  $k = 1$  e  $n \rightarrow \infty$  o erro de classificação do KNN é limitado pelo dobro da taxa de erro de Bayes. Desde que essas propriedades formais foram estabelecidas seguiu-se uma longa linha de investigações incluindo uma abordagem de rejeição (HELLMAN,

1970 apud PETERSON, 2009), melhoramento em relação com a taxa de erro de Bayes (FUKUNAGA; HOSTETLER, 1975 apud PETERSON, 2009), abordagem com pesos nas distâncias (DUDANI, 1976 apud PETERSON, 2009).

**Figura 6** – Os 1, 2 e 3 vizinhos mais próximos de um ponto dado



**Fonte:** Tan *et al.* (2009).

Segundo Tan *et al.* (2009) um classificador que utiliza KNN representa cada exemplo, de treinamento ou de teste, como um ponto de dado em um espaço  $d$ -dimensional, onde  $d$  é a quantidade de atributos. Dado um exemplo de teste, calcula-se a sua proximidade com o resto dos pontos de dados do conjunto de treinamento, usando alguma medida de distância, geralmente a distância euclidiana. Os  $k$  vizinhos mais próximos de um determinado ponto de teste  $z$  se referem aos  $k$  pontos com menor distância de  $z$ . Então,  $z$  é classificado com base nos rótulos de classe do seus vizinhos mais próximos e lhe é atribuída a classe majoritária dos seus vizinhos mais próximos. No exemplo da Figura 6 determinamos que o símbolo - representa a classe negativo e o símbolo + representa a classe positivo e  $\lambda$  representa um ponto dado a ser classificado. Na Figura 6a, onde  $k = 1$ , foi atribuído ao ponto dado a classe negativo. Na Figura 6b, com  $k = 2$ , os dois vizinhos mais próximos do ponto dado tem classes distintas, portanto, podemos atribuir aleatoriamente qualquer uma das duas classes. Na Figura 6c, com  $k = 3$ , dois dos vizinhos mais próximos do ponto dado são da classe positivo e apenas um é da classe negativo, logo, atribuímos ao ponto dado a classe positivo.

O desempenho de um classificador usando KNN pode ser melhorado quando os atributos são transformados antes da análise de classificação. A forma mais comum de transformação é a normalização ou padronização. A normalização remove efeitos provocados por atributos com escalas diferentes, exemplo, o atributo peso de um paciente pode ser baseado na unidade quilograma enquanto os valores de proteína no sangue são baseados em nanograma por decilitro variando entre  $-3$  e  $3$ , logo, o peso do paciente teria maior

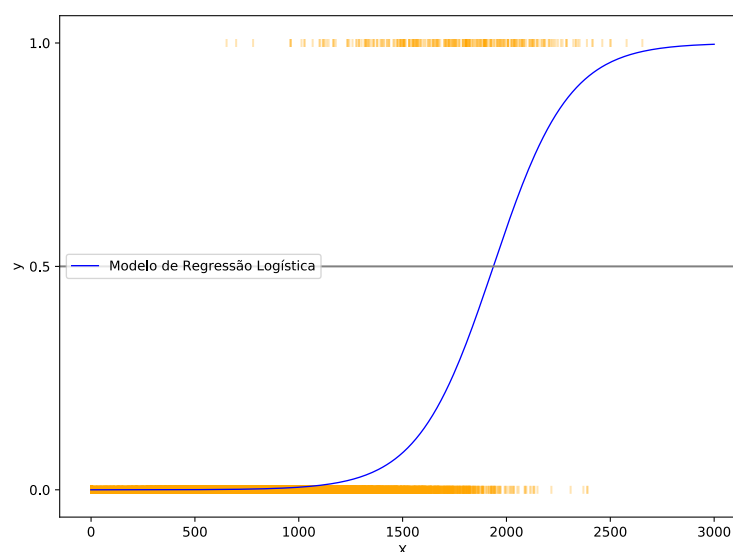
influência no cálculo das distâncias entre os pontos de exemplo e, por consequência, na classificação (PETERSON, 2009).

### 2.5.1.3 Regressão logística

A Regressão Logística (RL) é uma generalização da regressão linear. É usada principalmente para prever variáveis dependentes binárias ou de múltiplas classes. Como a variável de resposta é discreta, ela não pode ser modelada diretamente por regressão linear. Portanto, em vez de prever uma estimativa de ponto do evento em si, o modelo baseia-se para prever a probabilidade de sua ocorrência (ŞEN *et al.*, 2012).

O modelos de RL surge do desejo de modelar as probabilidades posteriores de de  $K$  classes através de funções lineares em  $x$ , ao mesmo tempo, garantir que a soma dessas probabilidades seja um e elas permaneçam no intervalo entre 0 e 1 (JAMES *et al.*, 2013).

**Figura 7** – Previsões utilizando regressão logística. As probabilidades se encontram no intervalo entre 0 e 1



**Fonte:** James *et al.* (2013)

Uma vantagem da RL no processo de classificação de uma variável dependente binária (binomial), é que, nela, pode ser usado um conjunto de variáveis independentes numéricas ou categóricas (KLEINBAUM; KLEIN, 2002).

Dada uma variável ou conjunto de variáveis  $X$ , podemos utilizar um modelo de RL para calcular a probabilidade de pertencimento à classe  $y$ . Para cada valor ou valores de  $X$  pode ser feita uma previsão para a classe  $y$ . Por exemplo, pode-se dizer que o item sendo testado pertence a classe  $y$  sempre que o modelo RL retornar uma probabilidade

maior que 50%, sendo que este limiar pode ser ajustado de acordo com a necessidade do problema abordado (JAMES *et al.*, 2013).

Os modelos de RL para diversas variáveis é descrito pela seguinte fórmula:

$$\text{logit}(p_i) = \ln \left( \frac{p_i}{1 - p_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \dots + \beta_k X_{k,i}$$

Onde,  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  são os coeficientes das variáveis que explicam a ocorrência de determinado evento  $p_i$  é a probabilidade de um evento ocorrer dado o conjunto de variáveis  $i$ .

O resultado do modelo logit é uma curva em forma de S (Figura 7). Para estimar um modelo de regressão logística, essa curva de valores previstos é ajustada aos dados reais, analogamente como é feito com uma relação linear em regressão múltipla.

Em níveis muito baixos da variável independente, a probabilidade se aproxima de 0%, mas nunca alcança tal valor. Da mesma forma, quando o valor da variável independente aumenta, os valores previstos crescem para acima da curva, mas, em seguida, a inclinação começa a diminuir, aproximando a probabilidade de 100%, sem, entretanto, exceder esse valor (HAIR *et al.*, 2009).

## 2.6 TRABALHOS RELACIONADOS

Ramos *et al.* (2018), analisaram a performance de diferentes algoritmos na previsão da evasão em alunos EAD. Neste trabalho foram utilizados dados de turmas de dois cursos de graduação na Universidade de Pernambuco (UPE). Os algoritmos testados foram: Árvore de Decisão, Máquina de Vetor de Suporte (SVM), Rede Neural Artificial, K-Vizinhos Mais Próximos (KNN) e Regressão Logística. As variáveis foram construídas com base na TDT. O algoritmo com maior acurácia foi o KNN, com maior precisão foi o SVM e a Regressão Logística teve os maiores valores de Recall e Área Sob a Curva ROC (AUC).

Queiroga *et al.* (2018), elaboraram um modelo de predição da evasão de estudantes em cursos técnicos a distância, através de mineração de dados, utilizando dados de turmas EAD do Câmpus Visconde da Graça (CaVG) do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul). Os algoritmos utilizados para gerar os modelos testados foram: *Bayes Net*, *Simple Logistic*, *Multilayer Perceptron*, *Random Forest* e J48, implementados na biblioteca WEKA. Todos os algoritmos selecionados previram com exatidão de 95% a evasão de um aluno antes do final do primeiro ano. O algoritmo que mais se destacou no quesito acurácia foi o Random Forest com 85%.

Manhães *et al.* (2011), utilizaram mineração de dados para identificar antecipadamente alunos com risco de evasão. Foram utilizados dados de cursos de graduação da

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os resultados mostraram que utilizando as primeiras notas semestrais dos calouros é possível identificar com precisão de 80% a situação final do aluno no curso.

Paz e Cazella (2017), Aplicaram KDD em dados coletados em uma IES, e, através da tarefa de classificação, utilizando a técnica de árvores de decisão, atingiram acurácia de 90% na identificação de alunos evasores.

RAMOS (2016) desenvolveu e testou modelos preditivos baseados nos algoritmos Árvore de Decisão (TreeDecision), Máquina de Vetor de Suporte (SVM), Rede Neural Artificial (NeuralNet), k-Nearest Neighbors (KNN) e Regressão Logística (RegLog), usando com base as variáveis representativas dos construtos da distância transacional, obtidas em trabalho anterior (RAMOS *et al.*, 2016). Esse trabalho serviu como principal referência para o desenvolvimento deste estudo, a fim de verificar a aplicabilidade do método em um outro cenário educacional.



### 3 METODOLOGIA PROPOSTA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. A pesquisa é um procedimento sistemático e crítico, que permite descobrir novos fatos, relações ou leis acerca de qualquer campo do conhecimento.

Uma pesquisa pode ser caracterizada segundo os seguintes critérios (GIL, 2008):

- a) Quanto à natureza: básica ou aplicada;
- b) Quanto aos objetivos: exploratória, descritiva ou explicativa;
- c) Quanto à abordagem: qualitativa ou quantitativa;
- d) Quanto aos procedimentos: documental, bibliográfica, experimental, levantamento, estudo de caso, entre outros.

Este trabalho pode ser classificado como de natureza aplicada, já que será aplicada uma metodologia de busca de conhecimentos em bancos de dados e métodos de classificação para prever a evasão de cursos EAD.

Em relação aos objetivos podemos classificar este trabalho como pesquisa exploratória e descritiva. Tendo como base Gil (2002), a pesquisa exploratória busca ampliar o conhecimento sobre o problema, procurando torná-lo mais explícito ou a construção de hipóteses, tendo como objetivo central o aperfeiçoamento de ideias ou a revelação de intuições. E a pesquisa descritiva objetiva descrever características de determinado fenômeno ou população. Este trabalho utiliza uma metodologia de exploração de conhecimento para tentar prever um comportamento em um conjunto de uma população.

Quanto à abordagem, este trabalho é classificado como quantitativo, em razão da utilização de abordagens algorítmicas de Mineração de Dados, a partir das quais serão extraídas as características dos estudantes de EAD e aplicadas modelos de classificação que farão a devida categorização.

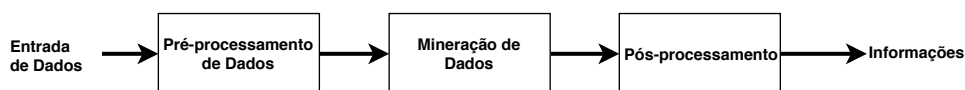
No quesito procedimentos classificamos este trabalho como pesquisa experimental. De acordo com Gil (2002), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

No caso deste trabalho, o objeto de estudo é a evasão na EAD da UNIVASF e as variáveis foram definidas pela TDT.

### 3.2 MÉTODO

Para tratamento e preparação dos dados para os diferentes modelos de classificação que serão avaliados, será utilizado o processo de Descobrimto de Conhecimento em Banco de Dados (do inglês, *Knowledge Discovery in Databases*, KDD) como descrito por Tan *et al.* (2009) e ilustrado na Figura 8. Este processo envolve uma série de passos com o objetivo de transformar dados brutos em informações úteis.

**Figura 8** – Fluxo básico do processo KDD



**Fonte:** Tan *et al.* (2009)

A fase de entrada de dados será desenvolvida, baseado no trabalho de RAMOS (2016), coletando as variáveis mais relevantes que poderiam representar cada um dos três construtos da TDT. Os dados de onde serão retiradas as variáveis estão armazenados nas bases de dados do Moodle, atualmente em uso pelos cursos de graduação oferecidos pela UNIVASF na modalidade EAD.

Na etapa de pré-processamento de dados ocorrem as transformações e adaptações dos dados para os algoritmos de Mineração de Dados. Entre essas transformações podemos citar: normalização, limpeza de valores faltantes, identificação de outliers, entre outros. Esta etapa, geralmente, exige muito tempo e esforço. A correta execução deste passo resultará em melhores resultados nas etapas posteriores.

No contexto deste trabalho, utilizaremos ferramentas de análises exploratórias e *scripts* de buscas em bancos de dados para construção da base de dados a ser utilizada na etapa posterior.

Em seguida, ocorre a etapa de mineração de dados, onde são buscados padrões de interesse ou características que representem as tendências dos dados, entre os métodos de busca de padrões podemos citar: clusterização, classificação, regressão, entre outros.

Para este trabalho, utilizaremos os algoritmos de classificação a seguir: Árvore de Decisão, KNN, e Regressão Logística. Nesta etapa, os parâmetros dos algoritmos de classificação serão ajustados para que a performance dos mesmos seja melhorada.

Na última etapa, pós-processamento, serão avaliados e interpretados os padrões extraídos na etapa de mineração, podem ocorrer retornos a qualquer etapa anterior

para mais iterações. Esta etapa pode envolver a visualização dos padrões e modelos gerados, ou visualização dos dados fornecidos. Neste passo, o conhecimento descoberto será documentado para possível uso posterior, em uma ferramenta de geração de relatórios ou de visualização, tipo dashboard.

### 3.3 MATERIAIS

#### 3.3.1 Moodle

O Moodle<sup>1</sup> é uma plataforma de ensino projetada para oferecer a educadores, administradores e estudantes, com uma sistema integrado, simple e robusto, a criação de ambientes de aprendizado personalizados. É financiado por uma rede de mais de 80 empresas ao redor do mundo.

Moodle é um software de código aberto sob a licença GNU General Public License. Qualquer pessoa pode adaptá-lo, estendê-lo ou modificá-lo, tanto para uso comercial ou não-comercial, sem nenhum tipo taxa de licenciamento e se beneficiando de sua eficiência e custo, flexibilidade e outras vantagens de usar o Moodle.

#### 3.3.2 MySQL

MySQL<sup>2</sup> é a base de dados mais popular no mundo. Provê performance, confiabilidade e facilidade de uso, MySQL vem liderando a escolha de aplicações web, usado por grandes empresas na internet como: Facebook, Twitter, YouTube, Yahoo! e muitas outras.

MySQL é sistema de gerenciamento de banco de dados (SGDB), baseado na linguagem SQL (do inglês, Structured Query Language). Entre as vantagens suas vantagens podemos listar: portabilidade, compatibilidade, excelente desempenho e estabilidade, facilidade de manuseio e é um software livre sob a licença GPL.

#### 3.3.3 Python

Python<sup>3</sup> é uma linguagem de programação de código aberto classificada como linguagem de alto nível de abstração. Considerada de fácil manuseio mesmo por usuários iniciantes. É mantida e desenvolvida pela Python Software Foundation

Graças a sua enorme comunidade, existem diversos pacotes e bibliotecas desenvolvidas em Python para as mais variadas tarefas, desde servidores HTTP, desenvolvimento de aplicações desktop até mineração de dados, inteligência artificial e estatística.

---

<sup>1</sup> <<https://moodle.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

<sup>2</sup> <<https://www.mysql.com/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

<sup>3</sup> <<https://www.python.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

### 3.3.4 Anaconda Python Distribution

A distribuição de código aberto Anaconda<sup>4</sup> é uma maneira fácil de realizar tarefas de mineração de dados e aprendizado de máquina em ambientes Linux, Windows ou Mac OS X. Anaconda é um gerenciador de pacotes e ambientes e uma distribuição Python especializada em data science com mais de 1500 pacotes de código aberto.

### 3.3.5 Jupyter Notebook

Jupyter Notebook<sup>5</sup> é uma aplicação web de código aberto que permite a criação e compartilhamento de documentos que contém código em tempo de execução, equações, visualizações e textos narrativos. Funciona como uma IDE (do inglês, Integrated Development Environment) e foi desenvolvido para tarefas de limpeza e transformação de dados, simulações numéricas, modelagem estatística, visualização de dados, aprendizado de máquina e mais.

Jupyter Notebook suporta mais de 40 linguagens de programação incluindo Python e já vem pré configurado na distribuição Anaconda.

### 3.3.6 Python Data Analysis Library

Python Data Analysis Library<sup>6</sup>, ou simplesmente pandas, é uma biblioteca de código aberto sob a licença BSD que provê estruturas de dados e ferramentas de análise de dados de alta performance e fácil uso para a linguagem de programação Python. Pandas proporciona estruturas de dados rápidas, flexíveis e expressivas desenvolvidas para uso com dados relacionais ou etiquetados.

A biblioteca pandas já vem configurada para uso na distribuição Anaconda.

### 3.3.7 Numpy

NumPy<sup>7</sup> é o pacote fundamental para computação científica em Python. Contendo, além de outras funcionalidades, um poderoso vetor n-dimensional, funções de broadcast sofisticadas, ferramentas de integração com códigos C/C++ e Fortran, ferramentas de álgebra linear, transformadas de Fourier e números aleatórios.

Além dos óbvios usos científicos, NumPy também pode ser usado como um invólucro para dados genéricos. Tipos de dados arbitrários podem ser definidos, isso permite que seja integrado de forma rápida com uma miríade de bases de dados.

---

<sup>4</sup> <<https://www.anaconda.com/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

<sup>5</sup> <<https://jupyter.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

<sup>6</sup> <<https://pandas.pydata.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

<sup>7</sup> <<http://www.numpy.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

NumPy é uma biblioteca de código aberto sob a licença BSD e é presente na distribuição Anaconda.

### **3.3.8 Scikit-learn**

Scikit-learn<sup>8</sup> é um módulo Python para aprendizado de máquina de código aberto sob a licença BSD. Além das principais tarefas de mineração, como: classificação, regressão e clusterização a biblioteca proporciona as visualizações mais básicas para análise exploratória. Scikit-learn é compatível com pandas e NumPy e pode ser encontrado na distribuição Anaconda.

---

<sup>8</sup> <<https://scikit-learn.org/>> Acesso em: 06 de mar. 2019

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modalidade EAD ajuda a democratizar o ensino, levando-o às regiões de difícil acesso aos professores ou dando a oportunidade ao estudante de criar sua própria rotina de estudos. A evasão desta modalidade de ensino ainda é um grande problema a ser resolvido, logo, existe a necessidade de pesquisa científica nesta área.

Com o uso crescente de ferramentas de tecnologia da informação em EAD fica evidente que o uso de aprendizagem de máquina pode ser utilizado para modelar e prever os fenômenos que causam a evasão.

O fluxo de descoberta de conhecimento em bases de dados descrito na metodologia deste trabalho será utilizado como arcabouço para o desenvolvimento dos modelos preditivos que serão comparados no decorrer da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II). Espera-se obter resultados satisfatórios, aproximados aos encontrados na literatura.

## 5 CRONOGRAMA

A tabela 3 mostra o cronograma de atividades a serem executadas para o TCC II, com base no calendário de 2019.1 da UNIVASF.

**Tabela 3** – Cronograma de atividades para o TCC II

Atividade	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
Pré-processamento de dados	X	X	X	
Mineração de dados			X	
Pós-processamento de dados				X
Escrita do TCC II	X	X	X	X
Defesa do TCC II				X

**Fonte:** O autor

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **CENSO EAD.BR 2013**. 2014. Disponível em: <[http://www.abed.org.br/censoead2013/CENSO\\_EAD\\_2013\\_PORTUGUES.pdf](http://www.abed.org.br/censoead2013/CENSO_EAD_2013_PORTUGUES.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2019. Citado na página 16.

\_\_\_\_\_. **CENSO EAD.BR 2014**: Relatório analítico da aprendizagem a distância no brasil. 2015. Disponível em: <[http://www.abed.org.br/censoead2014/CensoEAD2014\\_portugues.pdf](http://www.abed.org.br/censoead2014/CensoEAD2014_portugues.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2019. Citado na página 16.

\_\_\_\_\_. **CENSO EAD.BR 2015**: Relatório analítico da aprendizagem a distância no brasil. 2016. Disponível em: <[http://abed.org.br/arquivos/Censo\\_EAD\\_2015\\_POR.pdf](http://abed.org.br/arquivos/Censo_EAD_2015_POR.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2019. Citado na página 16.

\_\_\_\_\_. **CENSO EAD.BR 2016**: Relatório analítico da aprendizagem a distância no brasil. 2017. Disponível em: <[http://abed.org.br/censoead2016/Censo\\_EAD\\_2016\\_portugues.pdf](http://abed.org.br/censoead2016/Censo_EAD_2016_portugues.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2019. Citado na página 16.

BAKER, R.; ISOTANI, S.; CARVALHO, A. Mineração de dados educacionais: Oportunidades para o brasil. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 19, n. 02, p. 03, 2011. Citado na página 22.

BAKER, R. *et al.* Data mining for education. **International encyclopedia of education**, Elsevier Oxford, UK, v. 7, n. 3, p. 112–118, 2010. Citado na página 21.

BAKER, R. S.; YACEF, K. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. **JEDM| Journal of Educational Data Mining**, v. 1, n. 1, p. 3–17, 2009. Citado na página 21.

BENSON, R.; SAMARAWICKREMA, G. Addressing the context of e-learning: using transactional distance theory to inform design. **Distance Education**, Taylor & Francis, v. 30, n. 1, p. 5–21, 2009. Citado na página 13.

BOUSBIA, N.; BELAMRI, I. Which contribution does edm provide to computer-based learning environments? In: **Educational data mining**. [S.l.]: Springer, 2014. p. 3–28. Citado 3 vezes nas páginas 20, 21 e 22.

BOYD, R. D.; APPS, J. W. Redefining the discipline of adult education. **The AEA Handbook Series in Adult Education**, Jossey-Bass,, 1980. Citado na página 12.

CABAU, N. C. F.; COSTA, M. L. F. A teoria da distância transacional: um mapeamento de teses e dissertações brasileiras (the theory of transactional distance: a mapping of brazilian theses and dissertations). **Revista Eletrônica de Educação**, v. 12, n. 2, p. 431–447, 2018. Citado na página 13.

CABENA, P. *et al.* **Discovering data mining: from concept to implementation**. [S.l.]: Prentice Hall PTR New Jersey, 1997. Citado na página 18.

CHEN, Y.-J.; WILLITS, F. K. Dimensions of educational transactions in a videoconferencing learning environment. **American Journal of Distance Education**, Taylor & Francis, v. 13, n. 1, p. 45–59, 1999. Citado na página 13.



- COSTA, E. *et al.* Mineração de dados educacionais: conceitos, técnicas, ferramentas e aplicações. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 1–29, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 18, 20, 21 e 22.
- COSTA, S. S. da; CAZELLA, S.; RIGO, S. J. Minerando dados sobre o desempenho de alunos de cursos de educação permanente em modalidade ead: Um estudo de caso sobre evasão escolar na una-sus. **RENOTE**, v. 12, n. 2, 2012. Citado na página 16.
- COVER, T. M.; HART, P. E. *et al.* Nearest neighbor pattern classification. **IEEE transactions on information theory**, Menlo Park, v. 13, n. 1, p. 21–27, 1967. Citado na página 27.
- DEWEY, J.; BENTLEY, A. F. **Knowing and the known**. [S.l.]: Beacon Press Boston, 1960. Citado na página 12.
- DUDANI, S. A. The distance-weighted k-nearest-neighbor rule. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, IEEE, n. 4, p. 325–327, 1976. Citado na página 28.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. **AI magazine**, v. 17, n. 3, p. 37, 1996. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- FIX, E.; HODGES, J. L. **Discriminatory analysis-nonparametric discrimination: consistency properties**. [S.l.], 1951. Citado na página 27.
- FUKUNAGA, K.; HOSTETLER, L. K-nearest-neighbor bayes-risk estimation. **IEEE Transactions on Information Theory**, IEEE, v. 21, n. 3, p. 285–293, 1975. Citado na página 28.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16–17, 2002. Citado na página 32.
- \_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. [S.l.]: Editora Atlas SA SA, 2008. Citado na página 32.
- GOEL, L.; ZHANG, P.; TEMPLETON, M. Transactional distance revisited: Bridging face and empirical validity. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 28, n. 4, p. 1122–1129, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 17.
- HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. [S.l.]: Bookman Editora, 2009. Citado na página 30.
- HELLMAN, M. E. The nearest neighbor classification rule with a reject option. **IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics**, IEEE, v. 6, n. 3, p. 179–185, 1970. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- HORZUM, M. B. Developing transactional distance scale and examining transactional distance perception of blended learning students in terms of different variables. **Educational sciences: Theory and practice**, ERIC, v. 11, n. 3, p. 1582–1587, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 14, 17 e 18.
- HUANG, X. *et al.* Understanding transactional distance in web-based learning environments: An empirical study. **British Journal of Educational Technology**, Wiley Online Library, v. 47, n. 4, p. 734–747, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 15.

JAMES, G. *et al.* **An introduction to statistical learning**. [S.l.]: Springer, 2013. v. 112. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

KLEINBAUM, D. G.; KLEIN, M. Analysis of matched data using logistic regression. **Logistic regression: A self-learning text**, Springer, p. 227–265, 2002. Citado na página 29.

KLÖSGEN, W.; ZYTKOW, J. M. The knowledge discovery process. In: OXFORD UNIVERSITY PRESS, INC. **Handbook of data mining and knowledge discovery**. [S.l.], 2002. p. 10–21. Citado na página 18.

MANHÃES, L. *et al.* Identificação dos fatores que influenciam a evasão em cursos de graduação através de sistemas baseados em mineração de dados: Uma abordagem quantitativa. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, São Paulo**, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

MANHÃES, L. M. B. *et al.* Previsão de estudantes com risco de evasão utilizando técnicas de mineração de dados. **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE**, 2011. Citado na página 30.

MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2003. Citado na página 32.

MBWESA, J. K. Transactional distance as a predictor of perceived learner satisfaction in distance learning courses: A case study of bachelor of education arts program, university of nairobi, kenya. **Journal of Education and Training Studies**, v. 2, n. 2, p. 176–188, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

MOORE, M. G. Learner autonomy: The second dimension of independent learning. **Convergence**, International Council for Adult Education, v. 5, n. 2, p. 76, 1972. Citado na página 15.

\_\_\_\_\_. The theory of transactional distance. In: **Handbook of distance education**. [S.l.]: Routledge, 1973, 1993, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

\_\_\_\_\_. Teoria da distância transacional. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 1, n. 0, 2008. ISSN 1806-1362. Disponível em: <<http://seer.abed.net.br/index.php/RBAAD/article/view/111>>. Citado 5 vezes nas páginas 12, 13, 14, 15 e 17.

PAUL, R. C. *et al.* Revisiting zhang’s scale of transactional distance: Refinement and validation using structural equation modeling. **Distance Education**, Taylor & Francis, v. 36, n. 3, p. 364–382, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.

PAZ, F.; CAZELLA, S. Identificando o perfil de evasão de alunos de graduação através da mineração de dados educacionais: um estudo de caso de uma universidade comunitária. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 6, n. 1, p. 624. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 31.

PETERSON, L. E. K-nearest neighbor. **Scholarpedia**, v. 4, n. 2, p. 1883, 2009. Revision #137311. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 29.

QUEIROGA, E. M. *et al.* Modelo de predição da evasão de estudantes em cursos técnicos a distância a partir da contagem de interações. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 425–438, 2018. Citado na página 30.

RAMOS, J. L. C. **Uma abordagem preditiva da evasão na educação a distância a partir dos construtos da distância transacional**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2016. Citado 5 vezes nas páginas 10, 11, 14, 31 e 33.

RAMOS, J. L. C. *et al.* Um estudo comparativo de classificadores na previsão da evasão de alunos em ead. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2018. v. 29, n. 1, p. 1463. Citado na página 30.

\_\_\_\_\_. Mapeamento de dados de um lms para medida de construtos da distância transacional. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2016. v. 27, n. 1, p. 1056. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 31.

RIBEIRO, M. A. O projeto profissional familiar como determinante da evasão universitária: um estudo preliminar. **Revista Brasileira de Orientação Profissional**, v. 6, n. 2, p. 55–70, 2005. Citado na página 16.

RIGO, S. J. *et al.* Aplicações de mineração de dados educacionais e learning analytics com foco na evasão escolar: oportunidades e desafios. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 1, p. 132–146, 2014. Citado na página 20.

ROMERO, C.; VENTURA, S. Educational data mining: a review of the state of the art. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, Ieee, v. 40, n. 6, p. 601–618, 2010. Citado na página 21.

\_\_\_\_\_. Data mining in education. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, Wiley Online Library, v. 3, n. 1, p. 12–27, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

RUMBLE, G. **The planning and management of distance education**. [S.l.]: Croom Helm, 1986. Citado na página 13.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial intelligence a modern approach 3rd edition pdf. **Hong Kong: Pearson Education Asia**, 2011. Citado na página 23.

ŞEN, B.; UÇAR, E.; DELEN, D. Predicting and analyzing secondary education placement-test scores: A data mining approach. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 39, n. 10, p. 9468–9476, 2012. Citado na página 29.

SINDICATO DAS MANTENEDORAS DO ENSINO SUPERIOR. **Mapa do Ensino Superior no Brasil — 2015**. 2015. Disponível em: <<http://convergenciacom.net/pdf/mapa-ensino-superior-brasil-2015.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019. Citado na página 17.

\_\_\_\_\_. **Mapa do Ensino Superior no Brasil — 2016**. 2016. Disponível em: <[http://convergenciacom.net/pdf/mapa\\_ensino\\_superior\\_2016.pdf](http://convergenciacom.net/pdf/mapa_ensino_superior_2016.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2019. Citado na página 17.

STEINMAN, D. Educational experiences and the online student. **TechTrends**, Springer, v. 51, n. 5, p. 46–52, 2007. Citado na página 17.

SUTHAHARAN, S. Machine learning models and algorithms for big data classification. In: **Integrated Series in Information Systems**. [S.l.]: Springer, 2016. v. 36. Citado 5 vezes nas páginas 23, 24, 25, 26 e 27.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introdução ao datamining: mineração de dados**. [S.l.]: Ciência Moderna, 2009. Citado 6 vezes nas páginas 19, 23, 24, 25, 28 e 33.

ZHANG, A. M. **Transactional distance in web-based college learning environments: Toward measurement and theory construction**. [S.l.]: Virginia Commonwealth University, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 17.