



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Departamento de Computação e Sistemas**

## **Acessibilidade de Documentos PDF**

**Juliana Mara Lemos**

### **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTAÇÃO:  
Lucinéia Souza Maia

**Agosto, 2023  
João Monlevade–MG**

**Juliana Mara Lemos**

## **Acessibilidade de Documentos PDF**

Orientador: Lucinéia Souza Maia

Monografia apresentada ao curso de Sistemas de Informação do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na Disciplina “Trabalho de Conclusão de Curso II”.

**Universidade Federal de Ouro Preto**

**João Monlevade**

**Agosto de 2023**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L556a Lemos, Juliana Mara.  
Acessibilidade de documentos pdf. [manuscrito] / Juliana Mara  
Lemos. - 2023.  
128 f.: il.: color., gráf..

Orientadora: Profa. Dra. Lucinéia Souza Maia.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Sistemas de  
Informação .

1. Acessibilidade Web. 2. Internet. 3. Acessibilidade digital -  
Avaliação. I. Maia, Lucinéia Souza. II. Universidade Federal de Ouro Preto.  
III. Título.

CDU 004.738.5

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Juliana Mara Lemos**

### Acessibilidade de documentos PDF

Monografia apresentada ao Curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Sistemas de Informação

Aprovada em 07 de agosto de 2023.

### Membros da banca

Profa. Dra. Lucinéia Souza Maia - Orientadora - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP  
Profa. Dra. Gilda Aparecida de Assis - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP  
Profa. Dra. Tatiana Alves Costa - Departamento de Computação e Sistemas - UFOP

Lucinéia Souza Maia, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Lucineia Souza Maia, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/08/2023, às 13:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0575951** e o código CRC **BAA4DA02**.

*Este trabalho é dedicado a minha filha Martina e a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma.*

# Agradecimentos

Agradeço à minha mãe Márcia, aos meus irmãos Ana e Arthur, ao meu esposo Cesar, por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus objetivos, me apoiarem em todos os momentos e serem meu porto seguro. Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Lucinéia Souza Maia pelo estímulo em buscar o conhecimento, pela paciência, compreensão, amizade e por me mostrar que é possível transformar o mundo em um lugar melhor através da educação e da pesquisa científica séria. Muito obrigada por todos os ensinamentos e orientação que fizeram com que este trabalho fosse possível. Agradeço aos meus companheiros de equipe da Gerência de Área de Certificação e Controle de Qualidade da ArcelorMittal Monlevade, aos companheiros da Gerência de TI BP Industrial da ArcelorMittal Sistemas e à equipe da Gerência de Saúde, Segurança, Meio ambiente e Comunidades da Vale, Mina de Brucutu, que tanto me inspiraram e me tornaram uma pessoa e uma profissional melhor. Agradeço à minha psicóloga Susan por cuidar da minha saúde mental. Agradeço à minha avó paterna Julieta *In Memoriam* que sei que de onde estiver está olhando por mim. Agradeço aos professores, mestres e doutores aos quais tive a honra de ser aluna na Universidade Federal de Ouro Preto. Ao Rotaract Club de João Monlevade por me inspirar a ser alguém que "dá de si, antes de pensar em si", aos meus amigos com os quais posso contar em todos os momentos e por fim agradeço a mim por não ter desistido, por acreditar que era possível, por tentar sempre olhar o lado bom de todas as coisas e por conseguir ser a inspiração para outras pessoas.

*“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana,  
seja apenas outra alma humana.”*

— Carl G. Jung (1875 - 1961)

# Resumo

O formato *Portable Document Format* (PDF) é amplamente reconhecido pela sua capacidade de apresentar informações de maneira independente do software ou hardware utilizados para sua criação, bem como dos dispositivos nos quais são visualizados. No entanto, apesar de manter a fidelidade visual de um documento, o PDF pode conter elementos que representam desafios de acessibilidade digital, como imagens desprovidas de descrição, falta de marcação adequada para títulos e parágrafos, ausência de descrições e identificações em tabelas e gráficos, entre outros. Diante dessas potenciais barreiras, este estudo concentrou-se na avaliação da acessibilidade de amostras compostas por cinco (5) documentos em formato PDF, cada um contendo um total de dez (10) páginas. Esta mesma amostra havia sido previamente coletada por [Silva \(2019\)](#) que a utilizou em seu trabalho, para as avaliações de acessibilidade com usuários e especialistas. Essa amostra caracteriza-se por serem apresentações de aula, empregadas como material de apoio em cinco (5) disciplinas obrigatórias do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto, campus João Monlevade. Nesse contexto, foram conduzidos experimentos com a utilização da ferramenta automatizada de validação de conformidade PDF/UA (*Universal Accessibility*) PAC 2021. A pesquisa adotou uma abordagem exploratória e aplicada, valendo-se de métodos como levantamento bibliográfico e estudo de caso. A avaliação automatizada evidenciou problemas de acessibilidade dentro da amostra examinada. A avaliação com ferramenta automatizada identificou erros de acessibilidade na amostra observada. A identificação de tais erros de acessibilidade permitiu propor técnicas de correção dos mesmos ao utilizar as ferramentas *PowerPoint* e *Impress* para criação das apresentações, onde foi possível constatar que tornar um documento acessível é viável ao utilizar adequadamente os recursos de acessibilidade disponíveis em tais ferramentas. o resultado corroborou com as avaliações de usuários e especialistas realizadas por [Silva \(2019\)](#) onde também concluiu-se que nenhum dos documentos avaliados da amostra é acessível.

**Palavras-chaves:** Acessibilidade digital. *Portable Document Format*. Avaliação da acessibilidade.

# Abstract

The Portable Document Format (PDF) is widely recognized for its ability to present information independent of the software or hardware used to create it and the devices on which it is viewed. However, despite maintaining the visual fidelity of a document, the PDF may contain elements that pose digital accessibility challenges, such as images without descriptions, lack of proper markup for titles and paragraphs, and lack of descriptions and labels in tables and graphs, among others. Given these potential barriers, this study focused on assessing the accessibility of samples consisting of five (5) documents in PDF format, each containing a total of ten (10) pages. This same sample had previously been collected by Silva (2019), who used it in his work, for accessibility assessments with users and experts. This sample is characterized by being class presentations, used as support material in five (5) mandatory disciplines of the Information Systems course at the Federal University of Ouro Preto, Campus João Monlevade. In this context, experiments with the use of the automated PDF/UA (Universal Accessibility) conformity validation tool PAC 2021. case. The automated evaluation showed accessibility problems within the sample examined. The evaluation with an automated tool identified accessibility issues in the observed sample. The identification of such accessibility errors allowed us to propose correction techniques when using PowerPoint and Impress tools to create presentations, where it was possible to verify that making a document accessible is feasible when properly using the accessibility resources available in such tools. The result is corroborated by the evaluations of users and professionals carried out by Silva (2019), where it was also concluded that none of the documents evaluated in the sample is accessible.

**Key-words:** Accessibility. PDF documents. Accessibility assessment.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Classificação do tipo de pesquisa científica . . . . .	17
Figura 2 – Componentes de um PDF . . . . .	20
Figura 3 – Estrutura inicial de um arquivo PDF . . . . .	21
Figura 4 – Estrutura de um arquivo PDF atualizado . . . . .	22
Figura 5 – Exemplo de PDF marcado . . . . .	24
Figura 6 – Exemplo de avaliação de acessibilidade de arquivo realizada pelo PAC . . . . .	33
Figura 7 – Taxonomia geral dos itens de verificação de acessibilidade do PAC . . . . .	34
Figura 8 – Ícones que representam os resultados das avaliações . . . . .	37
Figura 9 – Exemplo da tela do relatório detalhado do PAC quando há o resultado aviso . . . . .	38
Figura 10 – <i>Print</i> do resultado da avaliação do material da disciplina SAD, desta- cando que o material não é compatível com o PDF/UA . . . . .	39
Figura 11 – Gráfico com as quantidades dos elementos . . . . .	40
Figura 12 – <i>Print</i> da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de objeto de imagem não marcado - Amostra 1 . . . . .	41
Figura 13 – Menu de inserção de imagens do <i>PowerPoint</i> . . . . .	42
Figura 14 – Menu de opções para inserção de texto alternativo . . . . .	42
Figura 15 – janela de revisão e edição de texto alternativo . . . . .	43
Figura 16 – Menu de inserção de imagens do <i>Impress</i> . . . . .	44
Figura 17 – Menu de opções para inserção de texto alternativo . . . . .	44
Figura 18 – <i>Print</i> da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de linguagem natural que não pôde ser determinada - Amostra 1 . . . . .	45
Figura 19 – Exemplo de fontes com e sem serifa . . . . .	46
Figura 20 – Exemplo de fontes com e sem os caracteres 1,I,l distintos entre si . . . . .	46
Figura 21 – Menu para inserção de idioma no <i>PowerPoint</i> . . . . .	47
Figura 22 – Menu para inserção de idioma no <i>Impress</i> . . . . .	47
Figura 23 – <i>Print</i> da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para a hierarquia de erros em Metadados e configurações - Amostra 1 . . . . .	48
Figura 24 – Funcionalidade de verificação de acessibilidade no <i>PowerPoint</i> . . . . .	48
Figura 25 – <i>Print</i> do resultado da avaliação do material da disciplina IA, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA . . . . .	49
Figura 26 – Gráfico com as quantidades dos elementos . . . . .	50
Figura 27 – <i>Print</i> da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de objeto de imagem não marcado - Amostra 2 . . . . .	50
Figura 28 – Exemplo da falha nos testes de conteúdo - Amostra 2 . . . . .	51

Figura 29 – Exemplo da falha nos testes de linguagem natural - Amostra 2 . . . . .	51
Figura 30 – Menu para inserção de tópicos na apresentação utilizando o <i>PowerPoint</i>	52
Figura 31 – Menu para inserção de tópicos na apresentação utilizando o <i>Impress</i> . .	52
Figura 32 – <i>Print</i> do resultado da avaliação do material da disciplina BDII, desta- cando que o material não é compatível com o PDF/UA . . . . .	53
Figura 33 – Gráfico com as quantidades dos elementos . . . . .	54
Figura 34 – Exemplo da falha nos elementos de árvore estrutural - Amostra 3 . . .	54
Figura 35 – Exemplo da falha nos elementos de descrições alternativas - Amostra 3	55
Figura 36 – <i>Print</i> da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de Fonte - Amostra 3 . . . . .	55
Figura 37 – Janela para incorporação de fontes na apresentação do <i>PowerPoint</i> . .	56
Figura 38 – Janela para incorporação de fontes na apresentação do <i>PowerPoint</i> . .	56
Figura 39 – <i>Print</i> do resultado da avaliação do material da disciplina Cálculo III, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA . . . . .	57
Figura 40 – Gráfico com as quantidades dos elementos . . . . .	58
Figura 41 – Exemplo da falha nos testes de conteúdo - Amostra 4 . . . . .	59
Figura 42 – Exemplo da falha nos testes de linguagem natural - Amostra 4 . . . . .	59
Figura 43 – Janela de opções para a seleção de fórmulas matemáticas . . . . .	60
Figura 44 – Janela de opções para a seleção de fórmulas matemáticas . . . . .	61
Figura 45 – Janela de opções para a inserção de tabela . . . . .	61
Figura 46 – Janela de opções para a inserção de tabela . . . . .	62
Figura 47 – <i>Print</i> do resultado da avaliação do material da disciplina AEDS, desta- cando que o material não é compatível com o PDF/UA . . . . .	62
Figura 48 – Gráfico com as quantidades dos elementos . . . . .	63
Figura 49 – Exemplo da falha nos testes de conteúdo e linguagem natural - Amostra 5	64
Figura 50 – Menu para definição de <i>Hiperlink</i> . . . . .	65
Figura 51 – Menu para definição de <i>Hiperlink</i> . . . . .	65
Figura 52 – Exemplo do <i>site</i> de verificação de contrastes das cores . . . . .	66
Figura 53 – Exemplo do Painel de sentido de leitura . . . . .	67
Figura 54 – Exemplo da janela de salvamento de arquivos . . . . .	68
Figura 55 – Exemplo da caixa de opções da janela de salvamento de arquivos . . .	69
Figura 56 – Caixa de Opções do PDF utilizando o <i>Impress</i> . . . . .	69
Figura 57 – Média de erros dos elementos nos testes realizados pelo PAC . . . . .	70

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CAE	Coordenadoria de Acessibilidade Educacional
CEPE	Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
eMAG	Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
GTPMA	Grupo de Trabalho para Padronização de Materiais Acessíveis
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ICEA	Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
MEC	Ministério da Educação
MOOC	<i>Massive Open Online Courses</i>
NBR	Norma Técnica Brasileira
OCR	<i>Optical Character Recognition</i>
PAC 2021	<i>PDF Accessibility Checker 2021</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UEMG	Universidade do Estado de Minas Gerais
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto

UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
XMA	<i>XML Forms Architecture</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
XMP	<i>Extensible Metadata Platform</i>

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa e Problema</b>	<b>16</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>Organização do trabalho</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>PDF (<i>Portable Document Format</i>)</b>	<b>19</b>
2.1.1	Criação de PDF	22
<b>2.2</b>	<b>Acessibilidade <i>Web</i></b>	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Acessibilidade de PDF</b>	<b>26</b>
2.3.1	PDF/UA ( <i>Universal Accessibility</i> )	27
<b>2.4</b>	<b>Avaliação de acessibilidade de PDF</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Seleção do universo e amostra</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação com Ferramenta de Verificação de Acessibilidade de PDF</b>	<b>32</b>
4.2.1	Estrutura de Avaliação do PAC 2021	33
4.2.1.1	Itens de Verificação do PDF/UA	34
4.2.1.1.1	Requerimentos básicos	34
4.2.1.1.2	Estrutura Lógica	35
4.2.1.2	Metadados e configurações	36
4.2.1.3	Itens de Verificação do WCAG	36
4.2.2	Relatórios gerados pelo PAC 2021	37
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS</b>	<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>Avaliação do Documento 1</b>	<b>39</b>
<b>5.2</b>	<b>Avaliação do Documento 2</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Avaliação do Documento 3</b>	<b>53</b>
<b>5.4</b>	<b>Avaliação do Documento 4</b>	<b>57</b>
<b>5.5</b>	<b>Avaliação do Documento 5</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>72</b>

<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A – OUTROS MATERIAIS</b> .....	<b>78</b>

# 1 Introdução

O MEC (Ministério da Educação), por meio da Portaria nº 343 de 17 de março de 2020, estabeleceu em caráter excepcional que fossem substituídas as disciplinas presenciais, em curso, por aulas remotas utilizando tecnologias de informação e comunicação, devido às recomendações de saúde estabelecidas em decorrência da pandemia da COVID-19 (MEC, 2020).

Em 18 de novembro de 2020, O CEPE (Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão) da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) aprovou normas para retomada do ano letivo 2020 para os cursos de graduação e regulamentou a oferta das atividades acadêmicas em formato remoto utilizando TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação). A resolução CEPE Nº 8.042 também definiu que, a plataforma oficial disponibilizada pela Universidade é o AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) *Moodle*<sup>1</sup>, porém sendo autorizada a utilização de outras plataformas e/ou recursos de modo complementar (UFOP, 2020).

O *Moodle* é uma plataforma de aprendizagem gratuita projetada para fornecer ambientes de aprendizagem personalizados, contendo um conjunto de ferramentas que proporciona um ambiente de aprendizagem colaborativo a fim de apoiar o ensino e a aprendizagem (MOODLE, 2021). Utilizado pelos docentes e discentes antes do contexto pandêmico, grande parte das notações de aula, submissão de trabalhos propostos e materiais de apoio diversos eram disponibilizados no *Moodle* em formato PDF.

O PDF (*Portable Document Format*) tem por objetivo permitir que os usuários troquem e visualizem documentos eletrônicos de forma confiável, independente do ambiente em que são criados, visualizados ou impressos. Por ter a capacidade de preservar as características originais dos documentos, o PDF tornou-se um formato de arquivo amplamente utilizado, podendo conter diversos elementos como imagens, tabelas e gráficos (ISO32000-1, 2019).

Contudo, para atingir a todos os públicos, os documentos PDF devem atender a recomendações de acessibilidade e do mesmo modo que na acessibilidade *Web*, os documentos PDF devem ser submetidos a avaliações de acessibilidade (W3C, 2023).

O objetivo da avaliação de acessibilidade em PDF é identificar barreiras na leitura dos arquivos com esse formato e comunicar esses problemas para que sejam corrigidos, (TANGARIFE; MONT'ALVÃO, 2005). Existem três tipos de técnicas para avaliação da acessibilidade: com usuário, automatizado (ou com ferramentas) e a avaliação manual com especialista (HARPER; YESILADA, 2008).

<sup>1</sup> <https://zeppelin10.ufop.br/minhaUfop/desktop/principal.xhtml>

No trabalho realizado por [Silva \(2019\)](#), foram realizadas avaliações de acessibilidade com usuários e com especialistas em uma amostra de documentos PDF do ambiente *Moodle* e como resultado, concluiu-se que os documentos que pertenciam à amostra não eram acessíveis. O presente trabalho avaliou essa mesma amostra de documentos utilizando a técnica de avaliação automática com uma ferramenta automatizada de avaliação e propôs sugestões de correção de erros de acessibilidade para que as apresentações tornem-se acessíveis.

## 1.1 Justificativa e Problema

Ofertado desde 1998, o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), tornou-se uma das principais portas de acesso ao ensino superior, exame este que, avalia o desempenho de estudantes concluintes do ensino médio em diversas áreas do conhecimento e que tem ofertado cada vez mais atendimentos especializados para pessoas interessadas. Em 2019, a principal porta de entrada para o ensino superior, atingiu a marca de mais de 50 mil atendimentos realizados a pessoas com necessidades especiais sendo deste total, mais de 10 mil voltados a pessoas com deficiência visual ([INEP, 2020](#)). Neste sentido é importante que as instituições de ensino superior estejam preparadas para atender adequadamente a esse público.

A Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), reafirma a importância da acessibilidade para a promoção da cidadania e dignidade humana. Desse modo, esforços são necessários para criar uma cultura de acessibilidade, inclusive nos contextos acadêmico e digital, em que, tipicamente, conteúdos são disponibilizados em PDF ([BRASIL, 2021](#)).

[Silva \(2019\)](#) realizou um estudo de acessibilidade de PDF em uma amostra de *slides* de aula disponibilizados no ambiente virtual de aprendizagem *Moodle* da UFOP. A autora realizou duas avaliações: uma com usuários simulando a cegueira e outra com especialistas em acessibilidade Web. Os resultados apontaram que as amostras em PDF disponibilizadas como material de apoio ao ensino presencial não eram acessíveis.

Os problemas de acessibilidade na amostra de PDF apontados por [Silva \(2019\)](#) revelam que mesmo existindo legislação sobre acessibilidade e demanda de alunos e alunas por ambientes mais inclusivos, a acessibilidade em documentos tipicamente utilizados, como em PDFs, ainda é insuficiente. Nesse sentido, esse TCC embasa-se na seguinte questão: É possível criar apresentações de aula em PDF acessíveis?

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a acessibilidade de uma amostra de documentos PDF utilizando ferramentas de avaliação automatizada de acessibilidade. Os objetivos específicos são:

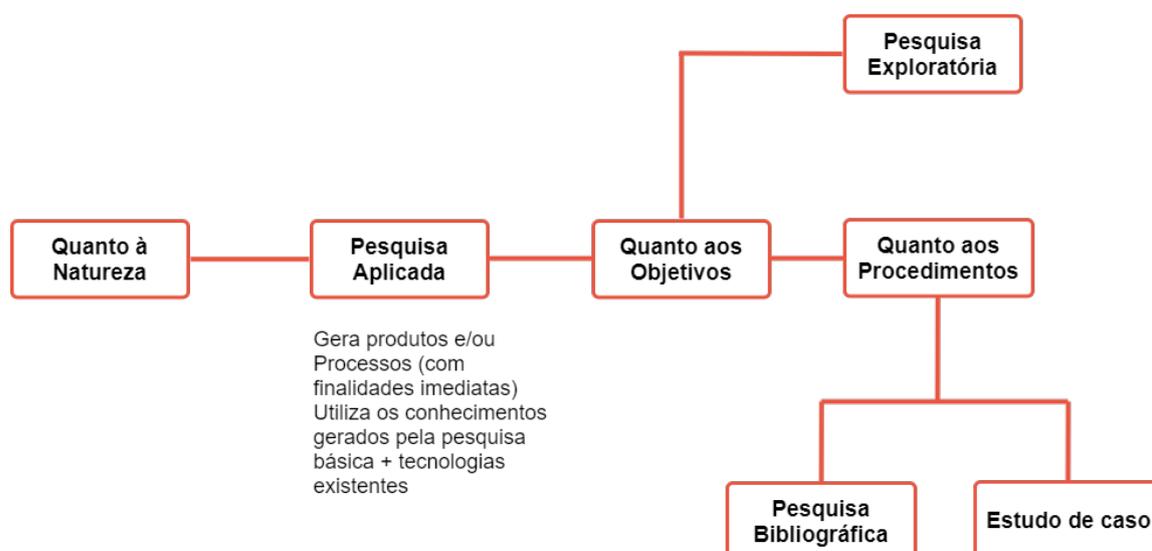
- Categorizar os problemas de acessibilidade identificados nas avaliações realizadas.
- Propor estratégias para construir PDF acessíveis utilizando ferramentas de elaboração de apresentações.

## 1.3 Metodologia

Entende-se que esse trabalho de conclusão de curso (TCC) é uma pesquisa de natureza aplicada pois, seguindo o que afirma [Prodanov e Freitas \(2018\)](#), uma pesquisa aplicada tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática relacionados diretamente com a solução de problemas específicos e, esse trabalho buscou contribuir com um tutorial prático de acessibilidade de PDF a fim de eliminar problemas de acessibilidade desse tipo de documento, tais problemas foram explorados na Subseção [4.2.1](#).

Quanto aos objetivos de pesquisa, esse TCC empregou a pesquisa exploratória para: i) Embasamento teórico sobre acessibilidade de PDF, por meio da pesquisa bibliográfica e ii) Fundamentar as sugestões de correções dos erros de acessibilidade identificados, por meio do estudo de caso. A Figura 1 mostra as decisões de pesquisa adotadas neste trabalho.

Figura 1 – Classificação do tipo de pesquisa científica



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 1.4 Organização do trabalho

O restante deste trabalho foi organizado como segue: No Capítulo 2 é apresentado a fundamentação teórica. Os trabalhos relacionados são mostrados no Capítulo 3. Um estudo de caso é exposto no Capítulo 4. Já no Capítulo 5 é exibida a análise dos dados e as sugestões de correção para os erros identificados. No Capítulo 6 são passados os resultados obtidos após avaliação dos documentos e uma comparação com os resultados encontrados por [Silva \(2019\)](#). E por fim, no Capítulo 7 são descritas as considerações finais e as propostas de trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação teórica

Este capítulo tem como objetivo apresentar o referencial teórico utilizado no desenvolvimento deste estudo. Para contextualização do desenvolvimento do trabalho, foram descritos os conceitos básicos referentes ao PDF (*Portable Document Format*), acessibilidade *Web*, acessibilidade de PDF, bem como os conceitos de PDF Marcado, PDF/UA e os procedimentos para produção e acessibilidade de arquivos PDF.

### 2.1 PDF (*Portable Document Format*)

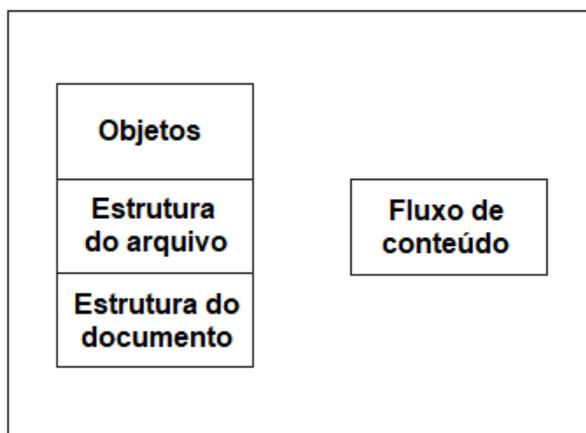
A Norma Internacional, ISO 32000-1 especifica a forma digital de representação de arquivos chamada de PDF - *Portable Document Format*. Desenvolvido e especificado pela Adobe® em 1993, o PDF tem por objetivo permitir que seus usuários troquem e visualizem documentos de modo confiável independentemente do ambiente onde são criados, visualizados ou impressos. Devido ao crescimento da utilização da *Internet*, o PDF tornou-se amplamente utilizado para a troca eletrônica de documentos ([ISO32000-1, 2019](#)).

O PDF permite que sejam atendidos um conjunto de requisitos para documentos eletrônicos como por exemplo a preservação fiel do documento independente de *hardware* ou *software* utilizado para criar, visualizar ou imprimir, possibilidade de assinaturas digitais para certificar a autenticidade do documento e acessibilidade de conteúdo para pessoas com deficiências ([ISO32000-1, 2019](#)).

O PDF possui quatro componentes específicos, como pode ser visto na Figura 2: i) **objetos**, que são uma estrutura de dados compostas por um pequeno conjunto de tipos básicos. De acordo com a Norma ISO 32000-1, o PDF possui oito tipos básicos de objetos: *Booleans* (valores lógicos verdadeiro ou falso); *Integer* (números inteiros); *Real numbers* (números reais); *Strings* (cadeia de caracteres compostos por uma série de zero ou mais bytes); *Names* (símbolo atômico exclusivamente definido por uma sequência de quaisquer caracteres (valores de 8 bits), exceto *null* - código de caractere 0); *Arrays* (coleção unidimensional de objetos dispostos em sequência); *Dictionaries* (tabela associativa contendo pares de objetos, conhecidas como entradas de dicionário) e; *Streams* (bem como os objetos *string*, é uma sequência de bytes, porém o que difere os dois é que objetos *streams* podem ter tamanho ilimitado e objeto *null*); ii) **estrutura do arquivo**, que é o que determina como os objetos são armazenados, acessados e atualizados em PDF. Essa estrutura é independente da semântica dos objetos e está organizada conforme figura 3 que será detalhada posteriormente; iii) **estrutura do documento**, responsável por especificar como os tipos básicos de objetos serão utilizados para representar os

componentes de um PDF, como por exemplo as páginas, fontes, anotações e iv) **fluxo de conteúdo** que é a sequência de instruções que descrevem a aparência de uma página ou outra entidade gráfica, que embora usualmente apresentadas como objetos são descritas separadamente e conceitualmente distintas dos objetos, que representam a estrutura do documento PDF(ISO32000-1, 2019).

Figura 2 – Componentes de um PDF

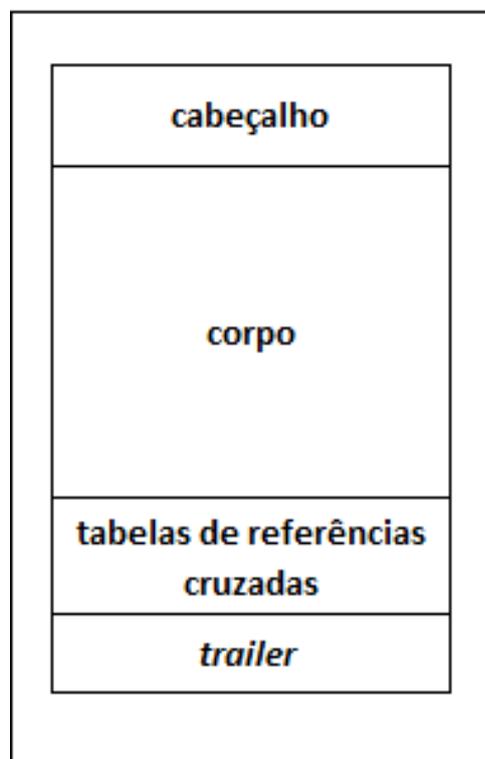


Fonte: Adaptado de (ISO32000-1, 2019) (2023).

A Figura 3 mostra como é a estrutura de um arquivo PDF. Ela contém o **Cabeçalho** delimitado pela primeira linha do arquivo que identifica a versão da especificação PDF com o qual o arquivo está conforme, esta identificação deve ter 5 caracteres; o **Corpo** que contém os objetos componentes do arquivo; as **Tabelas de referências cruzadas** que contém as informações sobre objetos, para que o arquivo não precise ser lido em sua completude a fim de localizar um objeto em particular presente nele; e o *Trailer*. O **Trailer** de um arquivo PDF possibilita que um leitor conforme<sup>1</sup> encontre rapidamente a tabela de referência cruzada e alguns objetos específicos possibilitando a leitura do conteúdo do documento(ISO32000-1, 2019).

<sup>1</sup> Leitores conformes são aplicativos de *software* capazes de ler e processar arquivos PDF que foram criados em conformidade com a ABNT NBR ISO 32000-1 e que estão também em conformidade com os requisitos para leitores de PDF especificados na Norma (ISO32000-1, 2019).

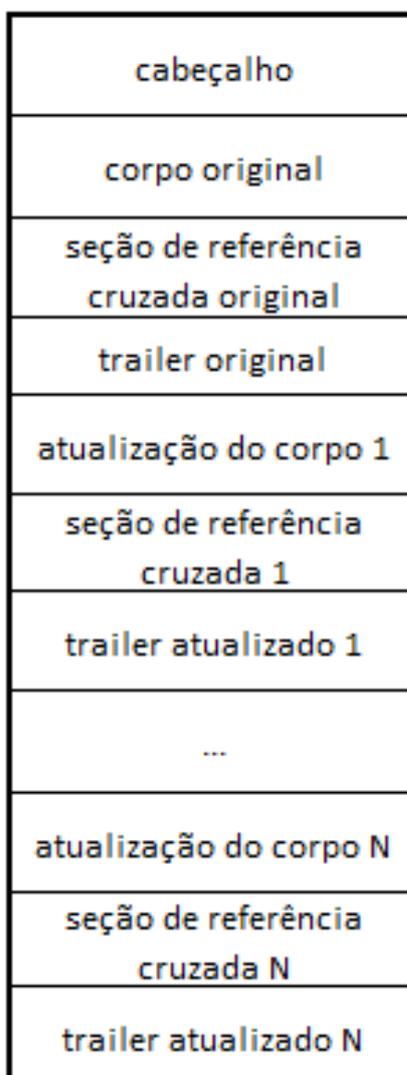
Figura 3 – Estrutura inicial de um arquivo PDF



Fonte: Adaptado de (ISO32000-1, 2019) (2023).

A estrutura apresentada na Figura 3 pode ser modificada caso haja uma atualização no arquivo. Esse conteúdo pode ser atualizado de forma incremental, sem a necessidade de regravar o todo o arquivo. Atualizando o arquivo de forma incremental, conforme mostra a Figura 4, as alterações realizadas são anexadas ao final do arquivo, fazendo com que o conteúdo original permaneça intacto, inclusive o cabeçalho (ISO32000-1, 2019).

Figura 4 – Estrutura de um arquivo PDF atualizado



Fonte: Adaptado de (ISO32000-1, 2019) (2023).

### 2.1.1 Criação de PDF

Um PDF pode ser obtido a partir de um processo de conversão, que é quando um documento é criado utilizando ferramentas de edição de textos e apresentações (como por exemplo *Word*, *Power Point*, *LibreOffice Writer*, *LibreOffice Impress*, *Google Docs*, *Google Slides*, entre outras) e então o arquivo gerado é exportado para PDF. Outra possibilidade é a obtenção de PDF por meio da digitalização de documentos impressos, nesse caso, há de se ater para não criar/gerar o PDF com todo o conteúdo como uma imagem. O processo de digitalização também pode gerar um documento de texto que passou por processamento de caracteres, o OCR (*Optical Character Recognition*) (TURRÓ, 2008).

Um documento de imagem PDF é quando o documento é obtido digitalizando ou fotografando um documento impresso. Seu conteúdo é exclusivamente o *bitmap*<sup>2</sup> resultante do processo óptico. Ele não permite pesquisas no documento ou extração de texto porque o texto é codificado apenas como um gráfico. Um documento de imagem PDF é semelhante a um documento em papel (TURRÓ, 2008).

Os documentos de texto em PDF, que são originados da mesma fonte que os arquivos de imagem, porém passaram por um processo óptico de reconhecimento de caracteres (OCR (*Optical Character Recognition*)) e incorporam o texto resultante no arquivo. Neste caso, é possível pesquisar o conteúdo, exportar o conteúdo para um processador de texto, ouvi-lo com programas leitores de tela, e executar outros tipos de conversão. Dependendo da qualidade do OCR usado, esses arquivos geralmente contêm pequenos erros tipográficos que podem afetar os resultados das pesquisas de texto e também tornar a leitura contínua mais difícil. Se a qualidade do original é ruim, ou está em mau estado, programas de OCR podem cometer pequenos erros, além disso, caso o documento contenha um *layout* onde a ordem de apresentação não é a mesma ordem de leitura, o texto resultante aparecerá desordenado, portanto, ilegível. Este problema pode acontecer devido a notas de rodapé, cabeçalhos e notas de margem (TURRÓ, 2008).

Documentos PDF com texto ordenado são aqueles que apresentam um fluxo lógico de informações, com textos organizados em seções, títulos e subtítulos, tornando a leitura mais clara e compreensível. Esse tipo de documento é amplamente utilizado em diversos contextos, como na elaboração de relatórios, artigos acadêmicos, manuais de instrução, entre outros. Além disso, os documentos PDF com texto ordenado oferecem a possibilidade de pesquisar palavras-chave dentro do texto, facilitando a localização de informações específicas. Essa característica torna o formato PDF uma opção popular para documentos que precisam ser compartilhados digitalmente e acessados por diversos usuários (TURRÓ, 2008).

Por fim, o PDF marcado é um documento PDF que contém marcações que fornecem uma estrutura lógica para definir como o conteúdo do documento será apresentado por meio de agentes de usuários (componentes essenciais para a acessibilidade *Web*) e tecnologias assistivas<sup>3</sup>. Para que um PDF seja acessível, é importante que ele esteja devidamente marcado (TIWARI, 2020).

---

<sup>2</sup> Um *bitmap* é uma matriz de *bits* que especifica a cor de cada *pixel* em uma matriz retangular de *pixels*. O número de *bits* dedicados a um *textipixel* individual determina o número de cores que podem ser atribuídos a esse *pixel* (SANTOS; GEORGE, 2022).

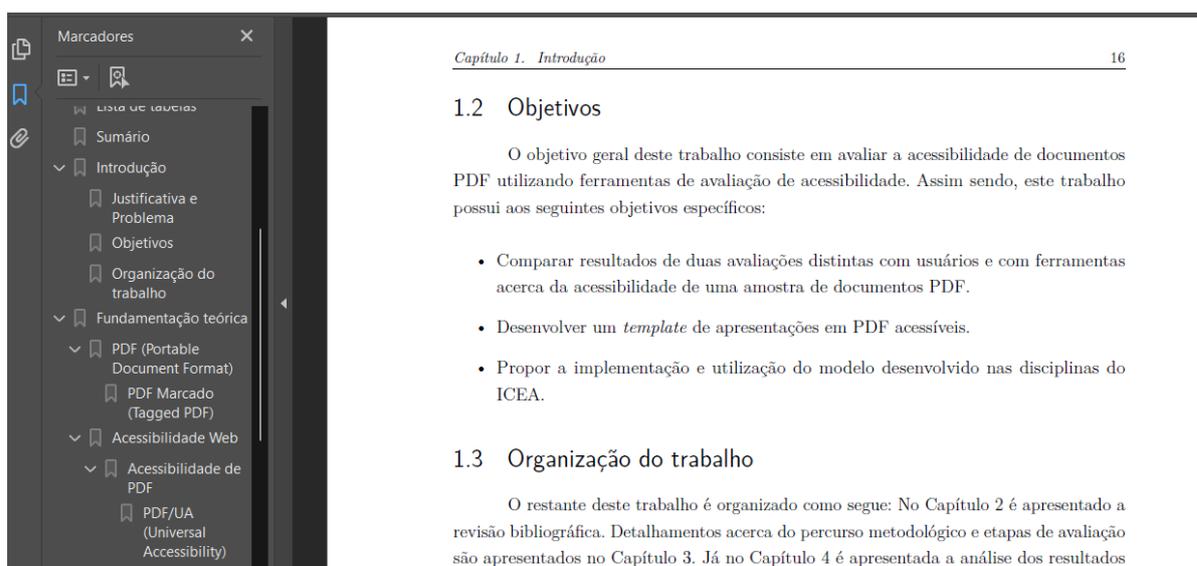
<sup>3</sup> Tecnologias assistivas são tecnologias que tem por finalidade apoiar, usuários com alguma deficiência, na utilização de dispositivos eletrônicos como por exemplo os programas leitores de telas para pessoas com deficiência visual e tradutor de libras para pessoas com deficiência auditiva (SARTORETTO; BERSCH, 2023)

O PDF Marcado define corretamente os componentes e a estrutura lógica do documento, isso permite, entre outras coisas que o conteúdo da página seja extraído e reutilizado para outros fins. O PDF marcado, destina-se a ser utilizado por ferramentas que executam os seguintes tipos de operações(WCAG-2.0, 2016):

- Extração simples de texto e gráficos para colar em outros aplicativos;
- Refluxo<sup>4</sup> automático de texto e gráficos associados para caber em uma página de tamanho diferente do que foi definido para o *layout* original;
- Processamento de texto para fins de pesquisa, indexação e verificação ortográfica;
- Conversão para outros formatos de arquivo comuns, com a estrutura do documento e informações básicas de estilo preservadas.

Cada marca (*tag*) tem por objetivo identificar o tipo de conteúdo e armazenar alguns atributos relacionados a ele. Com isso além de prover uma organização hierárquica da estrutura do documento, as *tags* determinam uma ordem ao conteúdo apresentado no PDF, como por exemplo títulos, parágrafos, imagens, tabelas, notas de rodapé e listas (TIWARI, 2020). A Figura 5 mostra um exemplo de PDF marcado criado no LaTeX. Contudo, o PDF marcado pode ser criado também em outras ferramentas de escritório a depender se o fabricante delas fornecem funcionalidades para tal.

Figura 5 – Exemplo de PDF marcado



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

<sup>4</sup> Refluxo de texto em PDF é a capacidade de redimensionar um PDF para apresentá-lo temporariamente como uma única coluna que tem a largura do painel do documento. Essa exibição de refluxo facilita a leitura do documento em dispositivos móveis ou quando ele é ampliado em um monitor padrão, sem a necessidade de rolagem horizontal para a leitura do texto (ISO32000-1, 2019)

## 2.2 Acessibilidade *Web*

A possibilidade de que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, possam utilizar com autonomia e segurança espaços e serviços diversos incluindo sistemas e tecnologias disponíveis, é a definição de acessibilidade do Estatuto da Pessoa com Deficiência - lei Nº 13.146 (BRASIL, 2015).

Ao aplicar a definição de acessibilidade para o ambiente *Web*, pode-se dizer que trata-se de oportunizar que qualquer pessoa possa ter acesso com segurança e autonomia a *sites* e serviços disponíveis na Internet. Com a *Web* assumindo cada vez mais um papel de importância no cotidiano das pessoas, é imprescindível que ela seja acessível para que se promova igualdade de oportunidades para todos (W3C, 2023). Implementações de acessibilidade podem diminuir ou até mesmo eliminar barreiras que impeçam as pessoas de perceber, navegar, entender e interagir com o conteúdo *Web* (HARPER; YESILADA, 2008).

O WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) é desenvolvido pelo W3C<sup>5</sup> em cooperação com indivíduos e organizações em todo o mundo e tem por objetivo fornecer um padrão único compartilhado para acessibilidade de conteúdo da *Web*.

Essas diretrizes explicam como tornar informações disponíveis na *Web* acessível e estão organizadas de acordo com os seguintes princípios (WCAG, 2018):

- O conteúdo deve ser **perceptível**, por exemplo, texto alternativo deve estar disponível para imagens e outros conteúdos não textuais.
- O conteúdo deve ser **operável**, por exemplo, todas as funcionalidades devem estar disponíveis a partir de um teclado.
- O conteúdo deve ser **compreensível**, por exemplo, todo o texto deve ser legível.
- O conteúdo deve ser **robusto** para compatibilidade com as ferramentas atuais e futuras.
- O conteúdo deve ser **conforme**, por exemplo, os *sites* devem cumprir as obrigações de conformidade específicas das WCAG 2.0

---

<sup>5</sup> O W3C é uma organização internacional que desenvolve padrões para a *World Wide Web*, promovendo a interoperabilidade entre os sistemas da *Web* e estabelecendo normas técnicas comuns. Composta por empresas, organizações sem fins lucrativos, governos e indivíduos, desenvolve especificações como HTML, CSS, XML e HTTP, além de trabalhar em áreas como acessibilidade, privacidade e segurança (W3C, 2023).

As diretrizes do WCAG também são divididas em três níveis de conformidade, caso os pontos de verificação de nível de prioridade A não sejam atendidos, um ou mais grupos de usuários terão seu acesso impossibilitado ao conteúdo, portanto, esse nível de prioridade estabelece critérios que precisam ser atendidos. Já o nível de prioridade AA tem pontos de verificação que caso implementados, pode diminuir ou eliminar parte das barreiras do acesso ao conteúdo *Web*, caso contrário, alguns grupos de usuários podem sentir grande dificuldade ao acessar o conteúdo, o nível de prioridade AAA tem pontos de verificação aos quais os desenvolvedores poderiam satisfazer para que sejam evitadas as barreiras no conteúdo da *Web* (WCAG-2.0, 2016).

O governo brasileiro a exemplo de outros países que também desenvolveram seus próprios documentos com recomendações de acessibilidade criou o eMAG<sup>6</sup> (Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico), que é um documento que contém recomendações a serem respeitadas para que a acessibilidade dos *sites* e portais do governo sejam padronizados e de fácil implementação (EMAG, 2014).

## 2.3 Acessibilidade de PDF

Os documentos PDF também são considerados conteúdos *Web* segundo a ISO32000-1 (2019) e podem conter elementos, textos imagens, *links*, figuras, formulários e tabelas, além disso, possui a capacidade de determinar a ordem lógica do conteúdo em um documento independente da aparência, o PDF através da estrutura lógica do PDF marcado possui recursos que dão suporte à acessibilidade. No entanto, os produtores de PDF devem garantir que as informações do documento estejam acessíveis (WCAG-2.0, 2016),

Qualquer pessoa (com ou sem deficiência) pode ser afetada pela ausência de acessibilidade. Adaptando o conceito de Slatin e Rush (2003) sobre o que pode ser considerado acessível na *Web* para o contexto de PDF, temos que um PDF pode ser considerado acessível quando qualquer pessoa (que utilize tecnologias assistivas ou não) pode acessá-lo com a mesma eficácia, não havendo diferença na experiência de uso dos recursos.

Como usuários com deficiência visual utilizam tecnologias assistivas ao acessarem seus computadores, o PDF tem suporte para algumas dessas tecnologias que auxiliam na ativação da vocalização adequada, um leitor de tela ou alguma outra chamada de mecanismo de texto-para-fala listadas a seguir (ISO32000-1, 2019):

---

<sup>6</sup> Site sobre o eMAG: <<https://emag.governoeletronico.gov.br/>>

- Possibilidade de especificação do idioma natural usado para o texto;
- Fornecimento de descrições textuais para imagens ou outros itens que não estão traduzidos naturalmente no texto;
- Expansão de abreviações ou siglas.

Ainda que a aparência ou *layout* do conteúdo possa variar, é possível extrair o conteúdo de um PDF e apresentá-lo a usuários com deficiência por meio da estrutura lógica (Figura 3) e PDF marcado. Para isso, as aplicações de acessibilidade<sup>7</sup> percorrem a hierarquia de estrutura do documento e apresentam os conteúdos de forma organizada e coerente para o usuário, garantindo que as informações sejam compreendidas independentemente de eventuais barreiras visuais ou cognitivas. Os documentos PDF podem ser melhorados quanto a acessibilidade fornecendo descrições alternativas<sup>8</sup> para imagens, fórmulas ou outros itens que não traduzem-se naturalmente no texto (ISO32000-1, 2019).

### 2.3.1 PDF/UA (*Universal Accessibility*)

O padrão PDF/UA ISO 14289 , é baseado nos recursos de documentos estruturados e expande ainda mais o PDF marcado. Conforme o padrão normativo, o objetivo principal dessa Norma é definir como representar documentos eletrônicos no formato PDF de uma maneira que permita que o arquivo seja acessível (PDFLIB, 2023).

O PDF/UA é um padrão técnico normativo com o objetivo de orientar os desenvolvedores na criação de documentos PDF acessíveis. Ele fornece uma consistente orientação para acessibilidade dentro do contexto do PDF. Diferente do WCAG, o PDF/UA não são diretrizes, ou seja, esse padrão técnico estabelece o que é preciso ser feito e o que não deve ser feito para que o PDF possa atingir a acessibilidade (ISO14289 – 1, 2014).

Alguns requisitos devem ser atendidos para que o documento esteja em conformidade com o padrão normativo PDF/UA sendo (ISO14289 – 1, 2014):

- Marcação completa de conteúdo em ordem de leitura lógica;
- As marcações devem representar as estruturas semânticas corretamente (ex: títulos, listas, tabelas, etc.);
- Os títulos devem ser lógicos;
- O uso de cor e/ou contraste para transmitir informações são proibidos por serem considerados conteúdos problemáticos;

<sup>7</sup> Diretrizes adicionais de acessibilidade do conteúdo *Web* podem ser encontrados no documento W3C *Web Content Accessibility Guidelines* e os documentos que ele recomenda (ISO32000-1, 2019).

<sup>8</sup> Descrições alternativas são textos legíveis que podem, por exemplo, serem vocalizados por um mecanismo de texto-para-fala, para o benefício de usuários com deficiências visuais (ISO32000-1, 2019).

- Os gráficos devem incluir descrições alternativas de texto;
- O arquivo deve ter em suas configurações de segurança, permissão para o acesso de tecnologias assistivas;
- As fontes devem ser incorporadas<sup>9</sup> e o texto mapeado para *Unicode*<sup>10</sup>

Alguns *softwares* permitem inserir novas fontes nos documentos, deste modo, quando este documento é compartilhado com terceiros que não tem as mesmas fontes instaladas que quem produziu o documento, este não será alterado, nem terá caracteres ilegíveis. A incorporação de fontes também auxilia na conversão online para PDF ([MICROSOFT, 2022](#)).

Além de estabelecer padrões para a produção de conteúdo de documentos PDF acessíveis e para agentes usuários, o PDF/UA também estabelece padrões relativos às tecnologias assistivas<sup>11</sup>. Para que as tecnologias assistivas atendam os requisitos do PDF/UA elas devem ser capazes de representar informações fornecidas por um *software* leitor de PDF em conformidade com PDF/UA e permitir que o usuário dessa tecnologia assistiva seja capaz de navegar no documento por meios diversos ([ISO14289 – 1, 2014](#)).

Apesar de existir o Padrão, a acessibilidade do PDF depende do criador do conteúdo, da ferramenta para gerar o PDF (Ex: pacote *Office*, *Adobe Acrobat DC*, *LaTeX*...) e/ou do agente usuário do PDF, além de também especificar regras acerca do comportamento destes agentes usuários (*softwares* leitores de PDF). Para que esses programas estejam em conformidade, eles devem ser capazes de: i) processar as marcações e demais artefatos de PDF; ii) anunciar ações para os usuários; iii) processar e representar assinaturas digitais, anotações e conteúdos opcionais e; iv) possibilitar a navegação no documento por diferentes meios ([ISO14289 – 1, 2014](#)).

---

<sup>9</sup> Fontes incorporadas (ou "*embedded fonts*", em inglês) são fontes de texto que são incluídas em um arquivo, permitindo que ele seja exibido corretamente em dispositivos que não possuem essas fontes instaladas ([MICROSOFT, 2022](#)).

<sup>10</sup> Unicode é um padrão de codificação que torna mais fácil a produção e distribuição de softwares, pois foi especificado para produzir uma codificação consistente dos caracteres e símbolos mundiais ([DEITEL; DEITEL, 2005](#)).

<sup>11</sup> Tecnologias assistivas são recursos, equipamentos, dispositivos e sistemas que ajudam pessoas com deficiências ou limitações físicas, sensoriais ou cognitivas a desempenhar atividades diárias com mais autonomia e qualidade de vida. Essas tecnologias podem ser utilizadas para melhorar a comunicação, mobilidade, aprendizado, trabalho, lazer e outras áreas da vida. As tecnologias assistivas podem incluir desde itens simples, como bengalas, lupas e amplificadores de som, até dispositivos mais complexos, como próteses, cadeiras de rodas motorizadas, softwares de reconhecimento de voz, leitores de tela, entre outros. O objetivo das tecnologias assistivas é oferecer suporte às pessoas com deficiências, para que elas possam realizar suas atividades com mais independência e eficiência, promovendo sua inclusão social e melhoria da qualidade de vida ([WHO, 2023](#)).

## 2.4 Avaliação de acessibilidade de PDF

De acordo com [Tangarife e Mont'Alvão \(2005\)](#), o objetivo da avaliação de acessibilidade *Web* é identificar barreiras no acesso a *sites* e comunicar esses problemas para que sejam corrigidos, o mesmo vale para a verificação de acessibilidade em PDF. Existem três tipos principais de técnicas para avaliação da acessibilidade *Web* que também podem ser utilizados na avaliação de acessibilidade de PDF que são o de usuário, o automatizado e o manual ([HARPER; YESILADA, 2008](#)).

A avaliação manual pode ser exemplificada tendo em vista a avaliação com especialista, onde um ou mais profissionais especialistas em acessibilidade, inspecionam e julgam a conformidade do conteúdo avaliado, a fim de encontrar barreiras que possam surgir durante a interação do usuário com o sistema ([BARBOSA; SILVA, 2010](#)). Essa avaliação pode ser realizada com o auxílio de ferramentas de validação de linguagens de marcação e simuladores de leitor de tela e cores por exemplo. Essa avaliação segue um *checklist* com os critérios que devem ser observados pelo especialista em acessibilidade ([W3C, 2023](#)).

A avaliação com o usuário, permite que sejam observadas estratégias de interação em diversos contextos através da utilização de tecnologias assistivas, bem como a identificação de barreiras de acessibilidade. Esta avaliação é realizada com usuários reais por meio de observação ou investigação onde são utilizadas várias técnicas para obter dados que revelem o comportamento, opiniões e expectativas dos mesmos ([BARBOSA; SILVA, 2010](#)).

Esse trabalho tem como foco o teste automatizado que utiliza ferramentas automatizadas de avaliação de acessibilidade, estes são *softwares* utilizados para auxiliar na verificação de acessibilidade de PDF, através da identificação de conformidade do PDF avaliado em relação as diretrizes de acessibilidade, onde a sintaxe das páginas é verificada, possibilitando que os problemas de acessibilidade sejam identificados e eliminados ([\(ABOU-ZAHRA, 2006\)](#); [\(SLATIN; RUSH, 2003\)](#)).

Segundo [Slatin e Rush \(2003\)](#), é importante que sejam utilizadas ferramentas automatizadas de validação de acessibilidade para a verificação da sintaxe das páginas *Web* observando se cumprem as diretrizes de acessibilidade. No caso do PDF as ferramentas validadoras devem verificar se o documento atende aos requisitos do padrão normativo ISO 14289-1 (PDF/UA) ([ISO14289 – 1, 2014](#)).

É possível realizar apenas um dos tipos de avaliação apresentados, porém mesmo que estejam conformes com as diretrizes de acessibilidade, o documento ainda pode apresentar barreiras às pessoas com deficiência pois, os testes automatizados não consideram aspectos da interação humana, portanto a avaliação de acessibilidade não deve ser limitada aos testes com ferramentas automatizadas, ainda de acordo com [Slatin e Rush \(2003\)](#), o ideal é que se tenha uma combinação de mais de um tipo das técnicas de avaliação.

## 3 Trabalhos relacionados

Este Capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os trabalhos relacionados à temática proposta para a presente monografia. Nele serão apresentados os estudos, que se mostram relevantes para a discussão e compreensão do tema em questão. Dessa forma, serão apresentados nesta seção os trabalhos relacionados que se destacam pela relevância e pertinência para a discussão do tema proposto, e serão discutidos seus principais achados e contribuições para o campo de estudo em questão.

A pesquisa realizada por [SOUZA, Cardoso e Perry \(2019\)](#) aborda a falta de acessibilidade em plataformas de MOOCs (*Massive Open Online Courses*). O estudo concentra-se na avaliação da acessibilidade de um curso específico no MOOC disponível na plataforma Lúmina, baseada no *Moodle* com customizações para se adequar aos cursos abertos. Os autores, que são responsáveis pela gestão e manutenção da plataforma, escolheram realizar a avaliação para implementar possíveis melhorias em futuras atualizações. O MOOC analisado apresenta diversos recursos de aprendizagem acessíveis, como vídeos com tradução em LIBRAS, legendas para surdos e ensurdecidos e audiodescrição, além de textos em .doc, .txt e .pdf, adaptados para impressão em tinta e Braille, e áudios dos textos. No entanto, a avaliação da acessibilidade do curso enfrentou desafios. Os autores utilizaram ferramentas automatizadas, como a licença de teste gratuita da ferramenta A-Web<sup>1</sup> e a ferramenta gratuita AccessMonitor<sup>2</sup>. Contudo, os resultados foram limitados, pois essas ferramentas avaliam principalmente o código-fonte das páginas HTML e os recursos em questão não eram elementos HTML. Essa limitação aponta para a necessidade de incorporar métodos diversificados e conhecimentos tecnológicos e de fatores humanos no design e avaliação de MOOCs. Portanto, é fundamental refletir sobre a inclusão de pessoas com deficiência em todos os cenários educacionais, especialmente na aprendizagem a distância por meio de MOOCs, e buscar soluções para construir plataformas conscientes da acessibilidade. Tais soluções devem atender aos diversos perfis de usuários, eliminando barreiras tecnológicas, educacionais e de atitudes. Em suma, os autores concluíram que é essencial combinar testes automatizados com métodos qualitativos para avaliar efetivamente o suporte à inclusão em plataformas de MOOCs.

O trabalho de [Trindade \(2020\)](#) teve como objetivo capacitar recursos humanos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN na produção de documentos digitais acessíveis a pessoas com deficiência visual. O autor é cego e servidor da referida universidade. Para isso, foram criados oito vídeos tutoriais, abordando tópicos como configuração dos parâmetros de fala do leitor de tela, inserção de sumário acessível, formatação de textos

---

<sup>1</sup> <http://mk-sense.com/a-web/>

<sup>2</sup> <https://accessmonitor.acessibilidade.gov.pt/>

conforme normas técnicas, tratamento de conteúdo imagético e utilização dos documentos adaptados. Embora os tutoriais tenham sido baseados em documentos PDF produzidos a partir do *Microsoft Word*, o trabalho oferece um material de consulta valioso para garantir a autonomia dos usuários com deficiência visual na universidade. Este trabalho utilizou e adaptou algumas das sugestões propostas por [Trindade \(2020\)](#) em seus vídeos tutoriais.

O trabalho de [Bandeira et al. \(2022\)](#) apresenta um projeto gráfico-editorial que visava criar um guia digital com orientações de acessibilidade para a CAE (Coordenadoria de Acessibilidade Educacional) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). A metodologia do projeto foi dividida em três etapas: fase analítica, criativa e executiva, seguindo as propostas de [Archer \(1963\)](#) e com o suporte do método de estruturação gráfica de [CASTRO e PERASSI \(2018\)](#). Na fase analítica, houve alinhamento sobre o projeto com a CAE, por meio de questionário com o público-alvo, além disso, pesquisas foram feitas sobre acessibilidade em materiais digitais. Na fase criativa, foi desenvolvido o *layout* e o projeto gráfico do guia digital. Na fase executiva, ocorreu a diagramação do material. O autor considerou que o projeto foi positivo, pois cumpriu todos os objetivos necessários e desejáveis. A inclusão de testes de usabilidade com pessoas com deficiências e o público-alvo é um ponto forte a ser explorado em um momento pós-projeto. O autor destaca que realizar testes de usabilidade também permitirá explorar formas de tornar o material ainda mais acessível e completo, podendo servir como modelo para futuros conteúdos desenvolvidos pela CAE por meio de um manual.

Os trabalhos de [SOUZA, Cardoso e Perry \(2019\)](#), [Trindade \(2020\)](#) e [Bandeira et al. \(2022\)](#) contribuem significativamente na construção de dicas para a melhoria de acessibilidade dos documentos da universidade, fornecendo orientações valiosas e práticas para tornar o conteúdo digital mais inclusivo e acessível a pessoas com deficiência. Ao abordar a questão da acessibilidade em cursos online, o trabalho de [SOUZA, Cardoso e Perry \(2019\)](#) oferece *insights* sobre como garantir que o material educacional seja acessível para todos os alunos, independentemente de suas habilidades ou deficiências. Já as orientações contidas nos tutoriais produzidos por [Trindade \(2020\)](#) ajudam a garantir que os documentos da universidade sejam acessíveis a pessoas com deficiência visual e facilitem a disseminação de informações de forma inclusiva. As orientações contidas no guia construído a partir do trabalho de [Bandeira et al. \(2022\)](#) oferecem diretrizes importantes para a criação de documentos acessíveis em PDF, tornando o material mais fácil de ser lido e compreendido por todos os estudantes e professores. Ao abordar diferentes aspectos da acessibilidade digital, essas pesquisas fornecem uma base sólida para a construção de dicas e práticas que podem ser implementadas para promover um ambiente acadêmico mais inclusivo e acessível a todos os estudantes e membros da comunidade universitária.

## 4 Estudo de Caso

O estudo de caso realizado nesta pesquisa está caracterizado em três etapas i) Seleção do universo e amostra; ii) avaliação com ferramenta; iii) análise de resultados.

### 4.1 Seleção do universo e amostra

O universo da pesquisa são os documentos PDF disponíveis no ambiente virtual de aprendizagem da UFOP e a amostra é composta por cinco documentos PDF, a mesma utilizada por [Silva \(2019\)](#).

Os cinco documentos PDF selecionados para este estudo são referentes a cinco disciplinas obrigatórias do curso de Sistemas de Informação e Engenharia de Computação da UFOP. Sendo as disciplinas: Sistemas de Apoio a Decisão, Inteligência Artificial, Banco de Dados II, Cálculo Diferencial e Integral III e Algoritmos e Estrutura de Dados I, que se encontram no Anexo [A](#) deste estudo.

Os documentos presentes nesse conjunto de amostra apresentam objetos distintos, tais como fórmulas, imagens, tabelas, gráficos e texto em língua estrangeira. Essa amostra, conforme mencionado, foi selecionada previamente por [Silva \(2019\)](#) para que realizar uma avaliação com usuários e para que todos pudessem ter a mesma quantidade de páginas.

### 4.2 Avaliação com Ferramenta de Verificação de Acessibilidade de PDF

Lançado inicialmente em 2010, o PAC (*PDF Accessibility Checker*) foi a primeira ferramenta automatizada de validação de conformidade PDF/UA. Com três versões anteriores ao PAC 2021<sup>1</sup>, essa ferramenta foi projetada para identificar os critérios verificáveis da ISO 14289-1 (PDF/UA) e WCAG. Dessa forma, o PAC gera um relatório sobre os problemas de acessibilidade encontrados, além de fornecer orientações sobre como corrigir esses problemas, conforme [Figura 6 \(PDF/UA Foundation, 2021\)](#).

---

<sup>1</sup> Ao decorrer deste trabalho, a ferramenta PAC 2021 será citada apenas como PAC.

Figura 6 – Exemplo de avaliação de acessibilidade de arquivo realizada pelo PAC

The screenshot displays the PAC 2021 interface. At the top, it shows the title 'PDF Accessibility Checker 2021' and version '21.0.0.0'. The document being checked is titled 'Online-Fassung Kapitel 3: Wie kommen Sie zu einem barrierefreien PDF? – Grun...' with filename 'PDFUA-Ref-2-05\_BookChapter-german.pdf'. It is in German (de-DE), has 808 tags, 21 pages, and is 610 KB. The interface shows a green checkmark indicating that all PDF/UA requirements are fulfilled. A table below lists the checkpoints and their status:

Checkpoint	Passed	Warned	Failed
PDF Syntax	1708	0	0
Fonts	17	0	0
Content	64687	0	0
Embedded Files	0	0	0
Natural Language	31664	0	0
Structure Elements	149	0	0
Structure Tree	608	0	0
Role Mapping	823	0	0
Alternate Descriptions	1616	0	0
Metadata	3	0	0
Document Settings	13	0	0

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Results in Detail', 'Logical Structure', 'Screen Reader Preview', and 'Document Statistics'.

Fonte: *Print* da tela de resultados após avaliação realizada pelo PAC, elaborado pela autora (2023).

O PAC foi selecionado, pois além das funcionalidades citadas, ele é uma ferramenta gratuita, está disponível em cinco idiomas (Dinamarquês, Inglês, Francês, Alemão, Espanhol) e é compatível com os sistemas operacionais Windows, MacOS e Linux (PDF/UA Foundation, 2023).

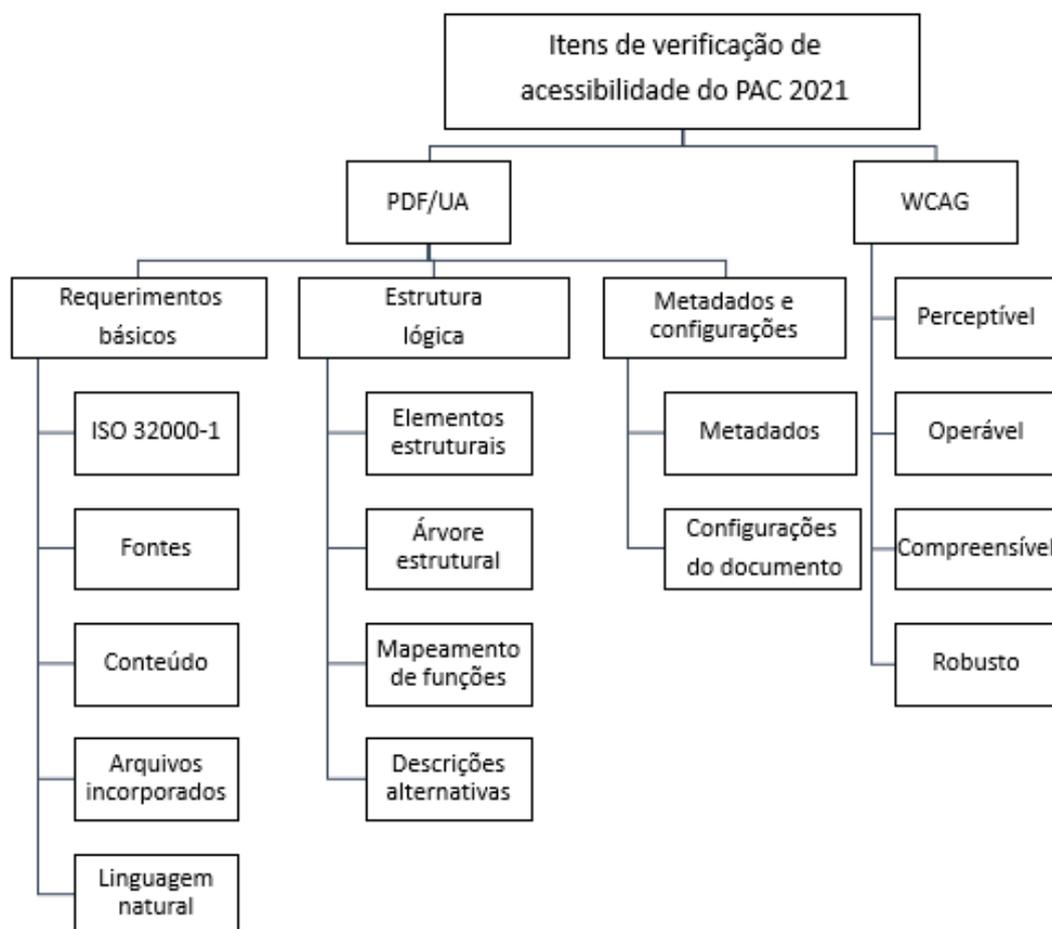
#### 4.2.1 Estrutura de Avaliação do PAC 2021

Essa avaliação de acessibilidade realizada pela ferramenta, segmenta em grupos os resultados obtidos. A Figura 7 mostra a taxonomia<sup>2</sup> dos itens de verificação de acessibilidade

<sup>2</sup> Um dos objetivos da taxonomia é classificar a informação hierarquicamente de modo a facilitar o acesso a mesma, tornando melhor a comunicação entre os principais usuários levando-se em consideração o público geral (TERRA et al., 2005).

do PAC. Como pode ser visto, a estrutura divide-se em duas categorias: os itens relacionados ao PDF/UA (a esquerda da imagem) e os relacionados ao WCAG (a direita da imagem).

Figura 7 – Taxonomia geral dos itens de verificação de acessibilidade do PAC



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

#### 4.2.1.1 Itens de Verificação do PDF/UA

O teste que verifica se o documento é compatível com o PDF/UA, é segmentado em três grupos i)Requerimentos básicos; ii)Estrutura lógica; iii)Metadados e configurações.

##### 4.2.1.1.1 Requerimentos básicos

O grupo referente aos requerimentos básicos, é responsável por verificar se o documento avaliado atende aos requisitos básicos para ser considerado um PDF universalmente acessível. Os itens avaliados são:

- ISO 32000-1: Esse teste verifica a sintaxe do PDF, a estrutura lógica da sintaxe e a árvore estrutural para que o documento esteja em conformidade com a Norma

técnica que dispõe sobre documentos PDF. Especifica um formato digital para a representação de documentos eletrônicos que permite aos usuários trocar e visualizar documentos eletrônicos independentemente do ambiente em que foram criados ou do ambiente em que são visualizados ou impressos (ISO32000-1, 2019).

- Fontes: Esse teste verifica aspectos relacionados às fontes utilizadas no documento como o registro, a ordem e as entradas suplementares nas fontes, fontes incorporadas, as codificações e símbolos e também glifos<sup>3</sup> (PDF/UA Foundation, 2021).
- Conteúdo: Nesse quesito, o PAC verifica se o documento está vazio, caso não, se os elementos estão marcados corretamente (como por exemplo imagens, tabelas, gráficos), se existe mapeamento de caracteres para *Unicode* e se os objetos externos (como *links*) estão referenciados (PDF/UA Foundation, 2021).
- Arquivos incorporados: São quaisquer tipos de arquivos multimídia (como áudios, vídeos...) aos quais é realizada uma cópia e essa cópia fica salva dentro documento, evitando que estes percam suas características ou sejam substituídos quando visualizados por outras pessoas em locais distintos do que o documento foi criado (PDF/UA Foundation, 2021).
- Linguagem natural: A linguagem natural é a nossa língua em si, ou seja, a forma como falamos, escrevemos e nos comunicamos (DEFINIRTEC, 2023). Se a linguagem natural de um documento não for conhecida, os usuários de *software* de leitura de tela, como pessoas cegas ou com baixa visão, encontrarão dificuldades para ler e compreender pois a pronúncia do texto pode ficar distorcida, como por exemplo, se um texto norueguês for lido com pronúncia em inglês (WTKOLLEN; EIII, 2021).

#### 4.2.1.1.2 Estrutura Lógica

Nesse grupo, é verificado se o documento em questão respeita a lógica estrutural de um PDF, exemplificada na Seção 2.1. Os itens avaliados são:

- Elementos estruturais: verifica se os componentes do documento PDF respeitam a estrutura lógica de cabeçalho, corpo, tabelas de referências cruzadas e *trailer* conforme exemplificado na subseção 2.1.1.

<sup>3</sup> Um glifo é uma representação física de um caractere em uma determinada fonte. Os caracteres podem ter muitos glifos, com cada fonte em um sistema potencialmente definindo um glifo diferente para esse caractere. Dois ou mais glifos também podem ser combinados em um único glifo, esse processo é chamado de composição de glifo. Isso também pode ser feito na direção oposta, um único glifo sendo dividido em vários glifos, conhecidos como decomposição de glifo. Fonte: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/windows/win32/directwrite/glyphs-and-glyph-runs>>.

- **Árvore estrutural:** A Árvore estrutural(ou árvore hierárquica, é utilizada para determinar a hierarquia dos elementos que compõe o documento e esse teste verifica se essa hierarquia está conforme (PDF/UA Foundation, 2021).
- **Mapeamento de funções:** Já nesse teste, é avaliado se os elementos presentes no documento estão mapeados de acordo com as funções que desempenham, como por exemplo se um texto está mapeado como texto, se uma imagem está mapeada como imagem e conseqüentemente todos os demais objetos que compõe o documento(PDF/UA Foundation, 2021).
- **Descrições alternativas:** Esse teste verifica se há descrições para os elementos não textuais (imagens, gráficos, tabelas), presentes no documento avaliado. Essas descrições auxiliam as ferramentas assistivas como por exemplo *softwares* leitores de leitura de tela, a descrever imagens para pessoas que utilizem desta tecnologia (PDF/UA Foundation, 2021).

#### 4.2.1.2 Metadados e configurações

Nesse grupo, é verificado se o documento contém metadados adequados e configurações corretas. Os itens avaliados são:

- **Metadados:** Esse teste verifica a presença de um identificador do formato PDF/UA, a presença de títulos e descrições adequadas para os metadados XMP (*Extensible Metadata Platform*) (PDF/UA Foundation, 2021).
- **Configurações:** Já esse teste verifica se existem configurações de segurança, se é permitido o acesso ao documento por tecnologias assistivas, e a ordem das guias de navegação (PDF/UA Foundation, 2021).

#### 4.2.1.3 Itens de Verificação do WCAG

O teste que verifica se o documento é compatível com as diretrizes do WCAG, é segmentado em quatro grupos/princípios i)Perceptível; ii)Operável; iii)Compreensível; iv)Robusto (2.1, 2018).

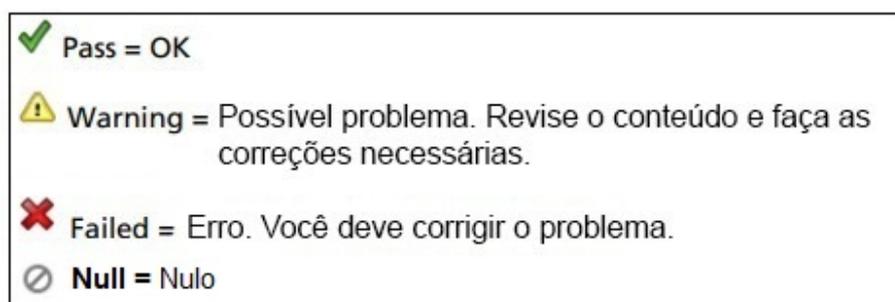
A avaliação do WCAG no PAC tem um comportamento diferente da avaliação de acessibilidade Web, pois geralmente essas ferramentas de avaliação apontam as recomendações de acessibilidade Web que não foram atendidas. Já no PAC, nesses itens de verificação, a ferramenta relaciona os princípios do WCAG com os itens do PDF/UA que não foram atendidos. Cabe ressaltar, que os resultados com o WCAG no PAC não foram considerados nesse trabalho (PDF/UA Foundation, 2021).

## 4.2.2 Relatórios gerados pelo PAC 2021

Após o encerramento da verificação de acessibilidade do arquivo PDF pelo verificador PAC, tem-se acesso aos resultados em diferentes formas, incluindo um relatório resumido, um relatório detalhado, uma pré-visualização do leitor de tela, estatísticas do documento e lógica estrutural. É importante ressaltar que as análises realizadas pelo PAC concentram-se em aspectos técnicos do documento PDF (PDF/UA Foundation, 2021).

O relatório resumido é exibido automaticamente quando a verificação de acessibilidade de PDF termina. Neste relatório, que foi exemplificado na Figura 6, é possível ter uma visão geral dos itens de verificação de acessibilidade precedidos por um dos quatro ícones mostrados na Figura 8.

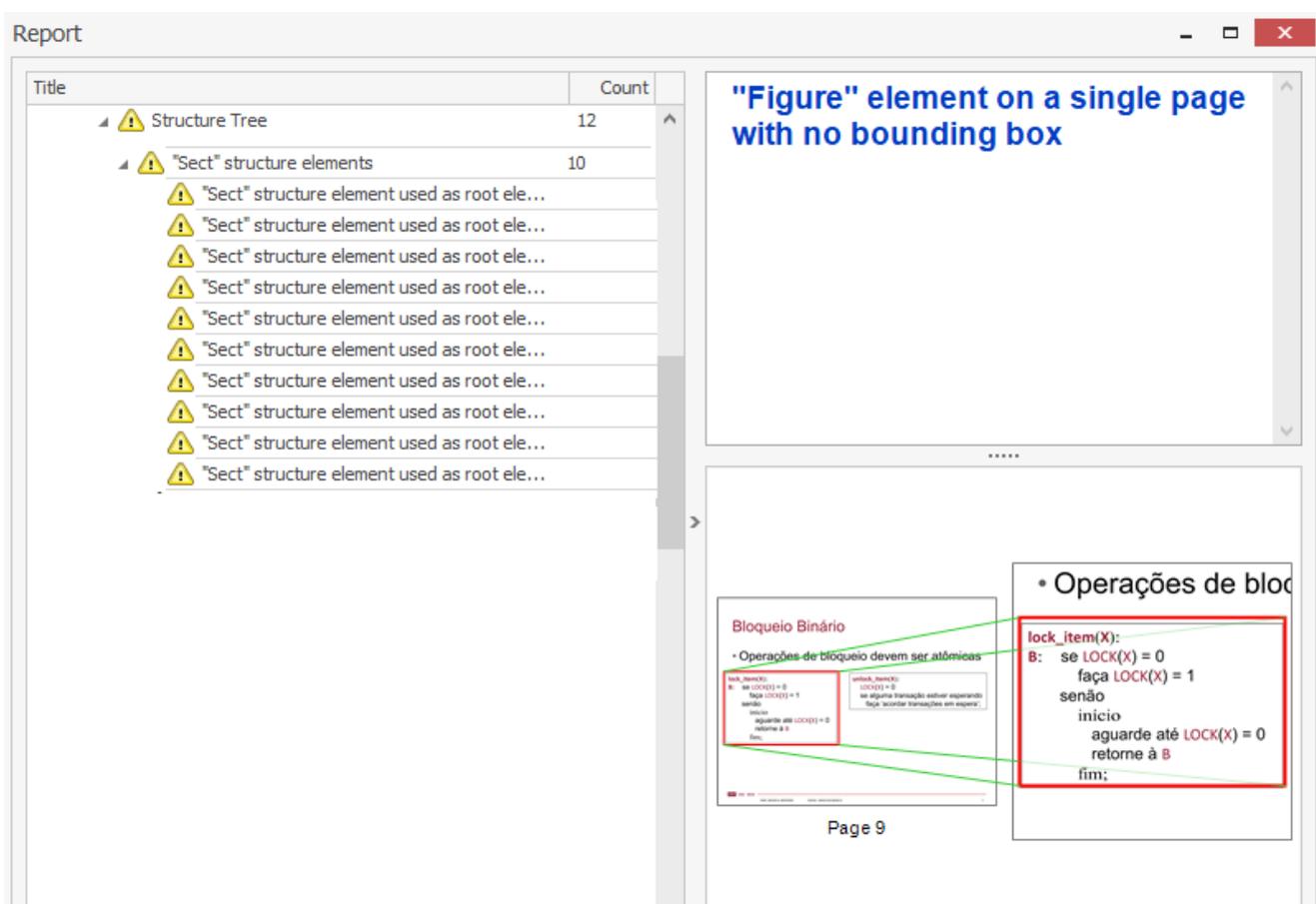
Figura 8 – Ícones que representam os resultados das avaliações



Fonte: Adaptação da imagem do Guia de Usuário, tradução nossa (2023).

Os quatro resultados possíveis representados são i) Aprovado- (*Passed*) que é quando os elementos presentes no documento atendem plenamente aos requisitos testados; ii) Reprovado- (*Failed*) que é quando os elementos presentes no documento não atendem plenamente aos requisitos testados ou não são identificados no documento; iii) Aviso- (*Warned*) que é quando os elementos presentes no documento são identificados, porém o uso destes não está adequado, como por exemplo um texto sendo utilizado como imagem, caracterizando um possível uso inapropriado do elemento estrutural figura, conforme exemplificado na Figura 9; iv) Nulo- (*Null*) este resultado aparece em todos os *checkpoints* na ferramenta antes de um documento ser testado e permanece caso o elemento não exista ou não seja identificado (PDF/UA Foundation, 2021).

Figura 9 – Exemplo da tela do relatório detalhado do PAC quando há o resultado aviso



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

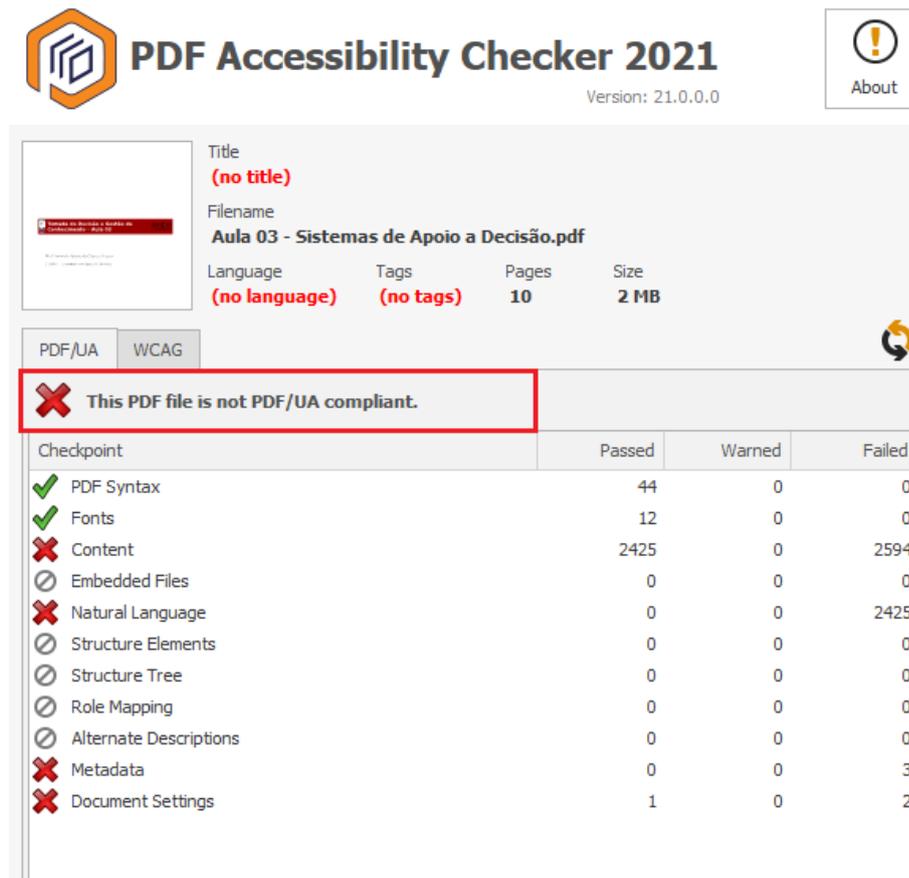
## 5 Análise dos dados

Este Capítulo apresenta as avaliações dos cinco documentos utilizando a ferramenta de avaliação automática PAC, assim como a maneira de solucionar os problemas identificados utilizando o *PowerPoint* e/ou *Impress* para criar apresentações.

### 5.1 Avaliação do Documento 1

O primeiro material avaliado é da disciplina Sistemas de Apoio a Decisão (SAD), após a realização do teste o PAC apontou que essa amostra não é compatível com o padrão PDF/UA, conforme a Figura 10.

Figura 10 – *Print* do resultado da avaliação do material da disciplina SAD, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA



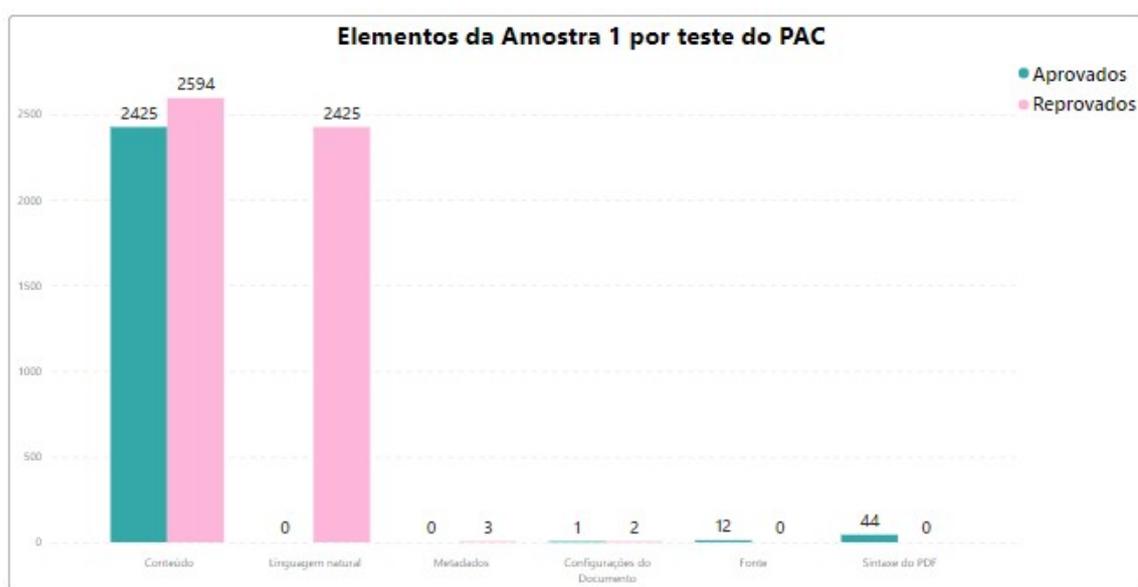
The screenshot displays the PDF Accessibility Checker 2021 interface. At the top, the title is '(no title)', the filename is 'Aula 03 - Sistemas de Apoio a Decisão.pdf', the language is '(no language)', and there are '(no tags)'. The document has 10 pages and a size of 2 MB. A red box highlights the message: 'This PDF file is not PDF/UA compliant.' Below this, a table shows the results for various checkpoints:

Checkpoint	Passed	Warned	Failed
PDF Syntax	44	0	0
Fonts	12	0	0
Content	2425	0	2594
Embedded Files	0	0	0
Natural Language	0	0	2425
Structure Elements	0	0	0
Structure Tree	0	0	0
Role Mapping	0	0	0
Alternate Descriptions	0	0	0
Metadata	0	0	3
Document Settings	1	0	2

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme pode ser visto no gráfico da Figura 11, esse documento possui, 44 (quarenta e quatro) elementos de sintaxe estão em conformidade com o PDF/UA, assim como 12 (doze) elementos de fonte. Arquivos incorporados, elementos de estrutura, árvore de estrutura, regras de mapeamento e descrições alternativas não foram identificados na amostra. Por fim, conteúdo, linguagem natural, metadados e configurações de documentos apresentaram erros de acordo com a avaliação. Sendo que a maior quantidade de elementos reprovados está concentrada na validação do conteúdo do documento (2594 elementos) com 2425 elementos que passaram no teste, seguido pela linguagem natural (2425 elementos). A ferramenta PAC não apresenta detalhamento dos elementos que foram aprovados

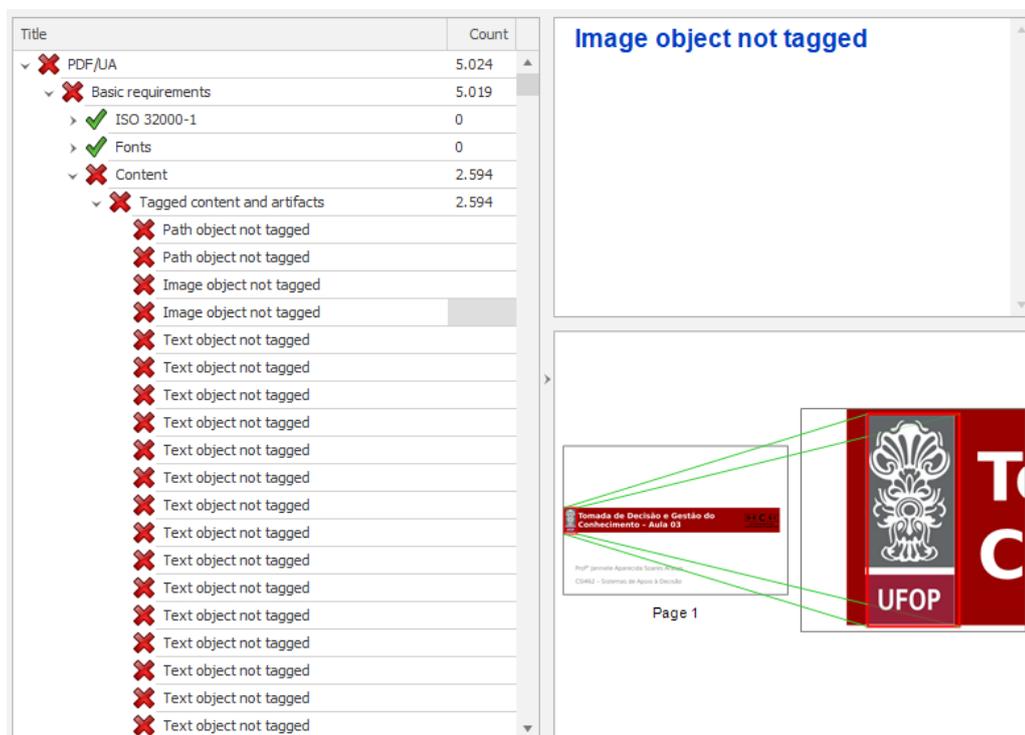
Figura 11 – Gráfico com as quantidades dos elementos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como pode ser visto na Figura 12, dentre os erros identificados no tópico que refere-se ao conteúdo, o PAC identificou três erros na categoria conteúdo e artefatos marcados i) *text object not tagged* que significa que existem textos no documento que não foram marcados corretamente; ii) *path object not tagged* isso significa que existem objetos de caminho no documento que não estão marcados corretamente, como por exemplo elementos que não estão aninhados dentro de contêineres no painel Conteúdo, ou seja, significa que eles são elementos que deveriam estar contidos em outros elementos, mas não estão; iii) *image object not tagged* que representa os elementos de imagem do documento que não foram corretamente marcados. Essas barreiras de acessibilidade afetam o princípio da WCAG que define que o conteúdo deve ser perceptível.

Figura 12 – *Print* da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de objeto de imagem não marcado - Amostra 1

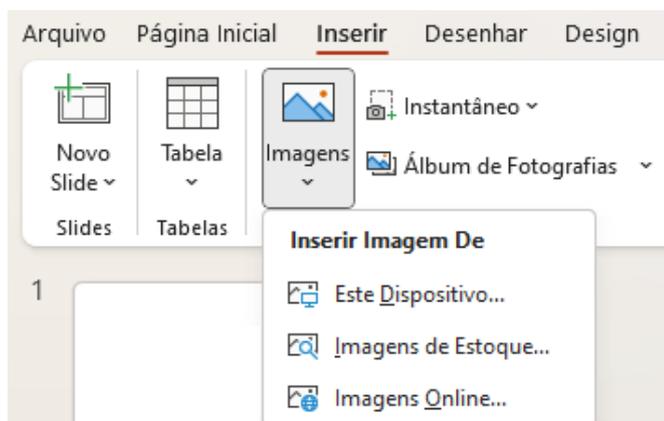


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para corrigir os erros citados, é necessário adicionar as marcações adequadas aos elementos, o que envolve o uso de marcações de cabeçalho, imagem, tabela e tópicos ou listas. Logo, para que as marcações mantenham se corretas, os usuários devem utilizar os campos de título para títulos, campos de texto para textos e assim sucessivamente. Tais marcações permitem que os leitores de tela identifiquem corretamente a estrutura do documento e leiam o conteúdo de forma clara e organizada para os usuários com deficiência visual. Um elemento que frequentemente retorna erros são as imagens.

Para inserir imagens de maneira acessível utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve selecionar a guia **Inserir** presente na faixa de opções e depois a opção **Imagens** em destaque na Figura 13, uma janela será aberta com as opções de importação da imagem. A opção **Este Dispositivo...** permite selecionar e utilizar imagens salvas no computador, a opção **Imagens de Estoque...** permite pesquisar, selecionar e utilizar imagens contidas na biblioteca de conteúdo criativo da *Microsoft365* e por fim a opção **Imagens Online...** permite pesquisar, selecionar e utilizar imagens da plataforma Bing<sup>1</sup>.

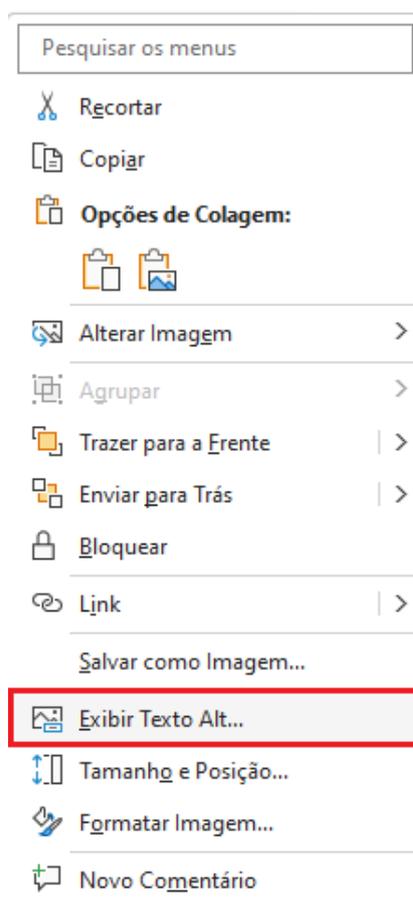
<sup>1</sup> <https://www.bing.com/>

Figura 13 – Menu de inserção de imagens do *PowerPoint*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Após selecionar e importar a imagem desejada, é recomendado que se tenha descrições alternativas e para acrescentá-las é necessário que o usuário clique com o botão direito na imagem para habilitar um menu onde será possível editar e acrescentar descrições alternativas, conforme destacado na Figura 14.

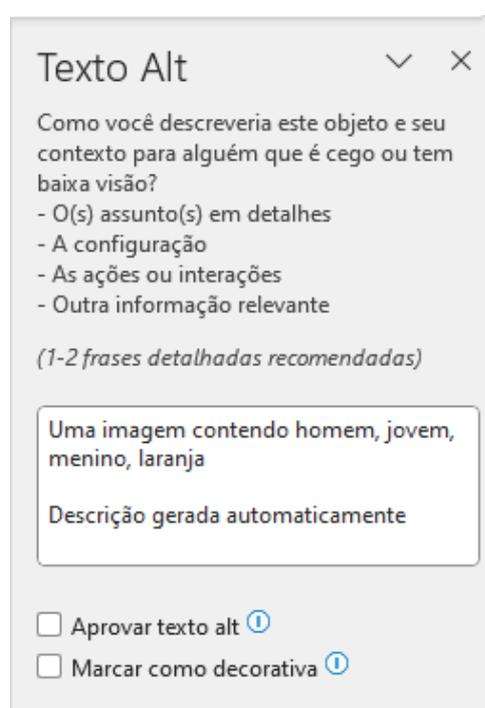
Figura 14 – Menu de opções para inserção de texto alternativo



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

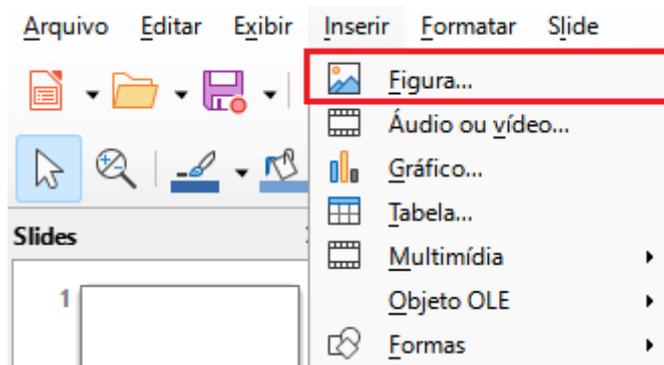
Ao clicar nesse menu, será aberta uma janela para que os ajustes sejam feitos e aplicados. O *PowerPoint* mostra dicas de como escrever a descrição da imagem e recomenda que sejam uma ou duas frases detalhadas. O *PowerPoint* geralmente produz textos automáticos, porém nem sempre são descrições precisas, portanto é importante que sejam criadas descrições personalizadas e com informações relevantes sobre a imagem adicionada na apresentação. Conforme pode ser observado na Figura 15, caso o usuário tenha a necessidade de acrescentar elementos meramente visuais, há a possibilidade de marcar que a imagem é decorativa, ou seja elemento apenas visual e que não acrescenta informação relevante para a compreensão do conteúdo da apresentação.

Figura 15 – janela de revisão e edição de texto alternativo



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

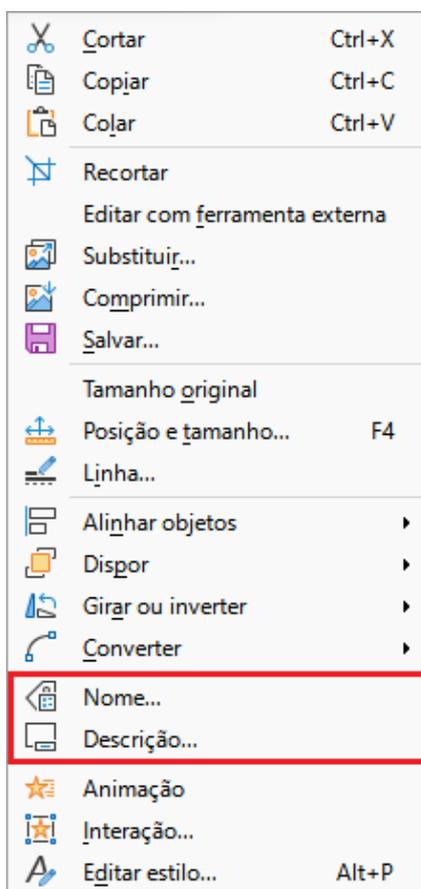
Para inserir imagens utilizando o *Impress*, o usuário seleciona a guia **Inserir** presente na faixa de opções e depois seleciona a opção **Figura** que permitirá escolher e utilizar as imagens salvas no computador, conforme Figura 16. Após selecionar e importar a imagem desejada, também é possível acrescentar descrições alternativas assim como no *PowerPoint*.

Figura 16 – Menu de inserção de imagens do *Impress*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para acrescentar as descrições alternativas, é preciso que o usuário clique com o botão direito na imagem, para habilitar um menu, onde será possível acrescentar descrições alternativas, e o nome da imagem conforme destacado na Figura 17. O *Impress* não sugere textos prontos para as descrições sendo necessário criar descrições personalizadas e com informações relevantes para cada imagem inserida.

Figura 17 – Menu de opções para inserção de texto alternativo



Fonte: Elaborado pela autora (2023).



Figura 19 – Exemplo de fontes com e sem serifa



Fonte com Serifa



Fonte sem Serifa

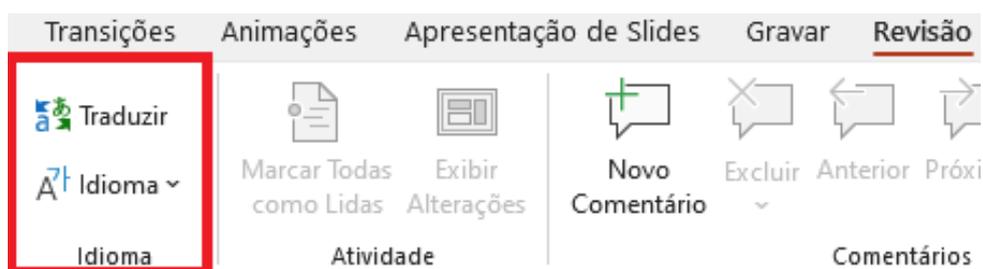
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 20 – Exemplo de fontes com e sem os caracteres 1,I,l distintos entre si

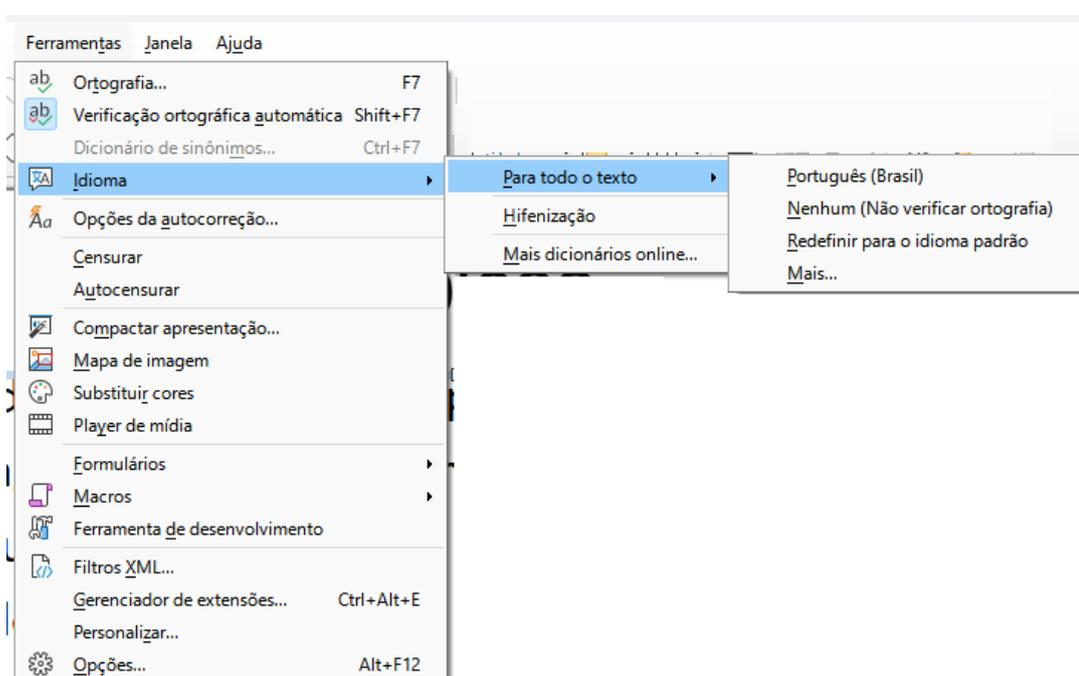
Fonte com caracteres semelhantes entre si  
(Gill Sans MT)Fonte com caracteres diferentes entre si  
(Consolas)Fonte: Adaptado de [Williams \(2020\)](#).

Além disso é necessário que o idioma do conteúdo da apresentação seja definido. Utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve acessar a guia Revisão e clicar na opção Idioma, em destaque na Figura 21. Já para definir o idioma utilizando o *Impress*, é necessário que o usuário acesse a guia Ferramentas, depois clicar na opção Idioma, será aberto um menu suspenso para que o usuário defina o idioma preferencial, conforme a Figura 22.

A Figura 23 mostra os erros referentes a Metadados e Configuração do documento. Dentro do tópico de metadados, a ferramenta apontou que faltam informações adicionais sobre o autor, direitos autorais, descrição, palavras-chave, data e hora da criação, entre outros; os títulos relacionados a esses metadados também faltam no documento de acordo com o PAC.

Figura 21 – Menu para inserção de idioma no *PowerPoint*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 22 – Menu para inserção de idioma no *Impress*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A ferramenta também identificou que o arquivo PDF em questão não possui o identificador de PDF/UA, que é o que garante que o PDF seja compatível com o formato PDF/UA após conversão para PDF. Resumidamente, no tópico de configuração de documento a ferramenta não identificou o título do documento PDF e por fim, não foi identificado que o documento é marcado. Essas barreiras ferem o princípio da WCAG de que o documento deve ser operável.

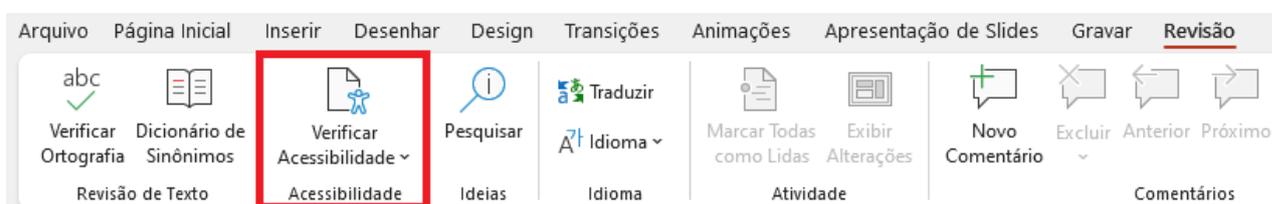
Para tentar solucionar esses problemas, o *PowerPoint* tem a funcionalidade "Verificar Acessibilidade" que deve ser habilitada antes do processo de criação da apresentação, com isso, ele auxilia na identificação de barreiras de acessibilidade para pessoas com deficiência. Para acessar tal verificador o usuário deve selecionar a guia **Revisão** presente na faixa de opções e em sequência **Verificar Acessibilidade**, em destaque na Figura 24.

Figura 23 – *Print* da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para a hierarquia de erros em Metadados e configurações - Amostra 1

Title	Count
Embedded Files	0
Natural language	2.425
Logical Structure	0
Structure Elements	0
Structure Tree	0
Role mapping	0
Alternative Descriptions	0
Metadata and Settings	5
Metadata	3
XMP Metadata	1
XMP metadata missing in document	
PDF/UA identifier	1
PDF/UA identifier missing	
Title in XMP metadata	1
Title missing in document's XMP metadata	
Document settings	2
Display of document title in window title	1
"DisplayDocTitle" entry is not set	
Tag suspects	0
Mark for tagged documents	1
Document is not marked as tagged	
Dynamic XFA form	0
Security settings and document access by as...	0
Tab order for pages with annotations	0
WCAG	5.023

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 24 – Funcionalidade de verificação de acessibilidade no *PowerPoint*



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5.2 Avaliação do Documento 2

A segunda amostra avaliada é da disciplina Inteligência Artificial (IA), após a realização do teste, o PAC apontou que essa amostra não é compatível com o padrão PDF/UA, conforme mostra o relatório resumido na Figura 25.

Nesse documento avaliado, conforme Figura 26, 44 (quarenta e quatro) elementos de sintaxe estão em conformidade com o PDF/UA, assim como 14 (quatorze) elementos de fonte. Arquivos incorporados, elementos de estrutura, árvore de estrutura, regras de mapeamento e descrições alternativas não foram identificados na amostra.

Figura 25 – *Print* do resultado da avaliação do material da disciplina IA, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA

The screenshot shows the PDF Accessibility Checker 2021 interface. The title is "PDF Accessibility Checker 2021" with version "21.0.0.0". The document being checked is "Aula 04 - Inteligência Artificial.pdf" (188 KB, 10 pages). The report indicates it is not PDF/UA compliant. A table summarizes the results by checkpoint.

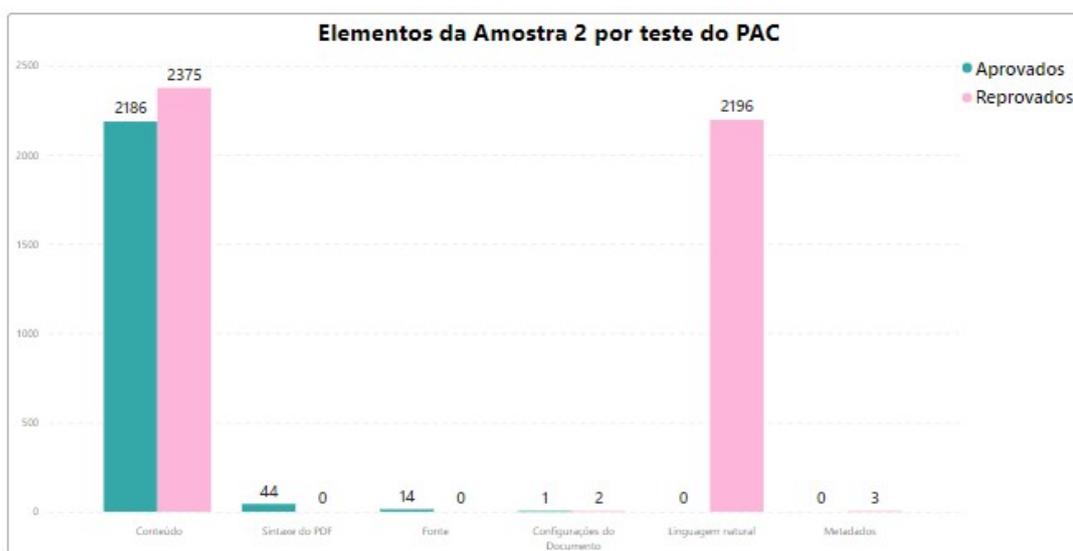
Checkpoint	Passed	Warned	Failed
PDF Syntax	44	0	0
Fonts	14	0	0
Content	2186	0	2375
Embedded Files	0	0	0
Natural Language	0	0	2196
Structure Elements	0	0	0
Structure Tree	0	0	0
Role Mapping	0	0	0
Alternate Descriptions	0	0	0
Metadata	0	0	3
Document Settings	1	0	2

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Por fim, conteúdo, linguagem natural, metadados e configurações de documentos apresentaram erros de acordo com a avaliação. Essa amostra apresentou um resultado semelhante aos resultados da primeira, com a maior quantidade de elementos reprovados concentrada na validação do conteúdo do documento (2375 elementos), seguido pela linguagem natural (2196 elementos).

Dentre os erros identificados no tópico que refere-se ao conteúdo, o PAC identificou os mesmos três erros da amostra 1, apresentados na Seção 5.1 que são: (*text object not tagged*, *path object not tagged* e *image object not tagged*). Como pode ser visto na Figura 27, dentre os erros identificados no tópico que refere-se a Linguagem Natural, o PAC identificou dois erros i) *Natural language for text object cannot be determined* que significa que o *software* não conseguiu identificar a linguagem natural do documento e ii) *Natural language of an outline item cannot be determined* que representa que a linguagem natural de algum item presente na estrutura de tópicos não pode ser determinada.

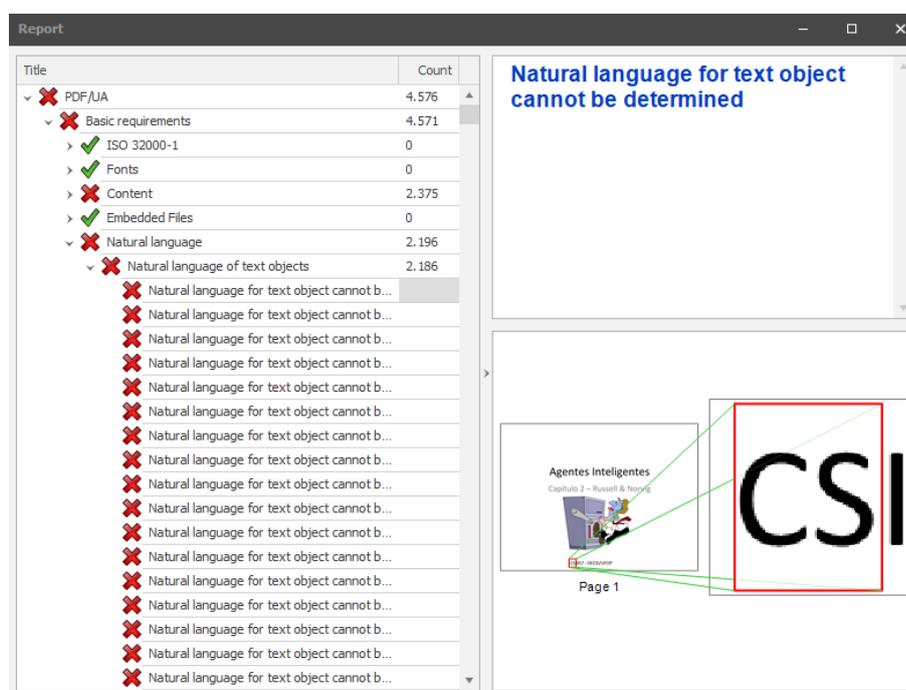
Figura 26 – Gráfico com as quantidades dos elementos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No total foram 4576 erros de PDF/UA somando conteúdo, Configurações de documento, linguagem natural, metadados e configurações. Desses, 4571 são de requisitos básicos, que somam o conteúdo e linguagem natural.

Figura 27 – Print da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de objeto de imagem não marcado - Amostra 2



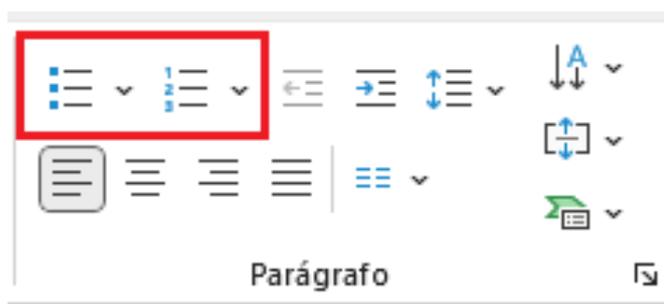
Fonte: Elaborado pela autora (2023).



Para corrigir os erros citados, é necessário realizar os ajustes exemplificados na Seção 5.1. Existem duas opções para inserir tópicos em apresentações i) lista não ordenada: separa os tópicos por ícones e ii) lista ordenada: organiza os tópicos em ordem crescente numérica ou em ordem alfabética.

Para inserir tópicos utilizando o *PowerPoint*, é necessário escolher entre as opções em destaque na Figura 30 onde o primeiro ícone organiza os itens de forma não ordenada e o segundo ícone de forma ordenada.

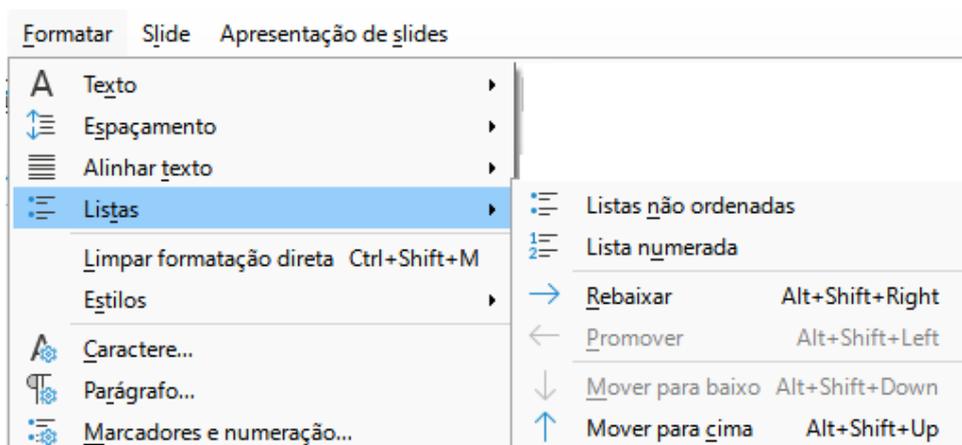
Figura 30 – Menu para inserção de tópicos na apresentação utilizando o *PowerPoint*



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para inserir tópicos utilizando o *Impress*, é necessário selecionar a opção Listas presente na guia Formatar da faixa de opções. No menu suspenso que abrir, basta selecionar dentre as opções lista ordenada ou lista numerada conforme a Figura 31.

Figura 31 – Menu para inserção de tópicos na apresentação utilizando o *Impress*

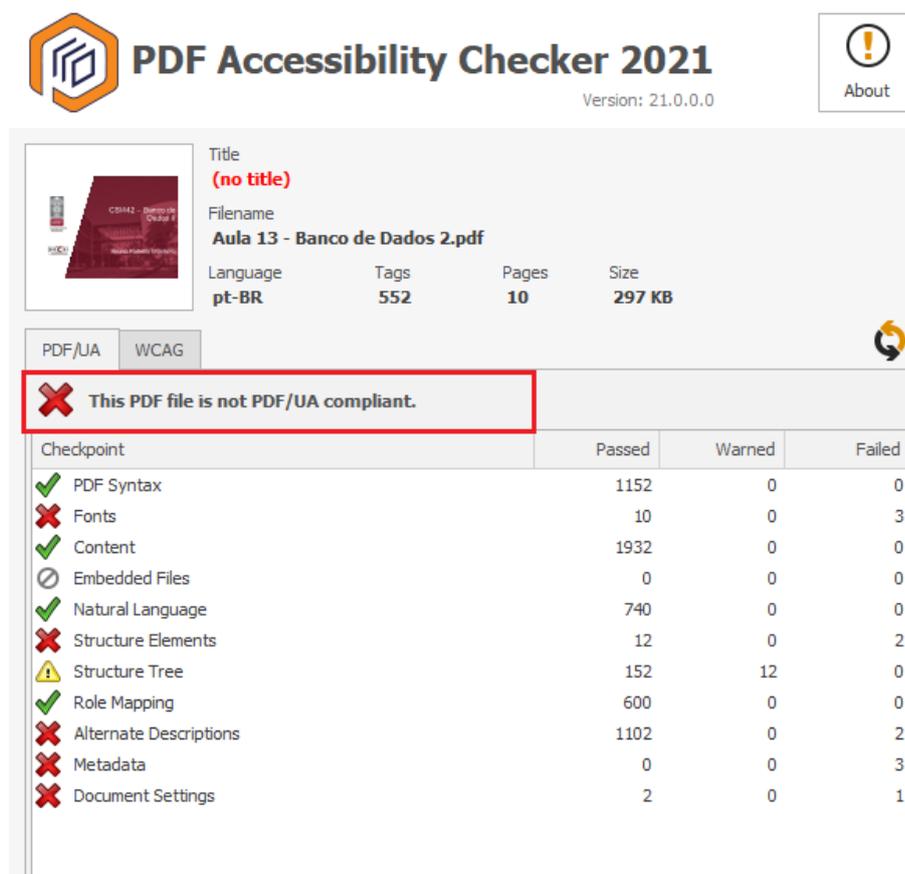


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 5.3 Avaliação do Documento 3

A terceira amostra avaliada é referente a disciplina de Banco de Dados II. Após a realização dos testes a ferramenta apontou que essa amostra também não é compatível com o padrão PDF/UA, conforme mostra o relatório resumido na Figura 32.

Figura 32 – *Print* do resultado da avaliação do material da disciplina BDII, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA



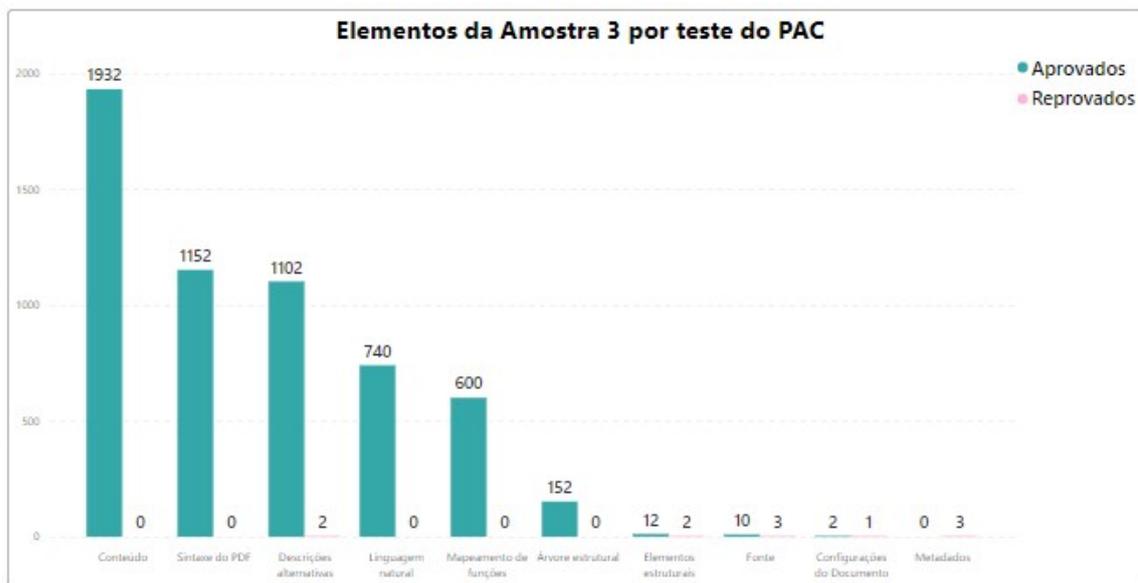
The screenshot displays the PDF Accessibility Checker 2021 interface. At the top, the title is '(no title)' and the filename is 'Aula 13 - Banco de Dados 2.pdf'. The language is 'pt-BR', with 552 tags, 10 pages, and a size of 297 KB. A red box highlights the message: 'This PDF file is not PDF/UA compliant.' Below this, a table summarizes the checkpoints:

Checkpoint	Passed	Warned	Failed
PDF Syntax	1152	0	0
Fonts	10	0	3
Content	1932	0	0
Embedded Files	0	0	0
Natural Language	740	0	0
Structure Elements	12	0	2
Structure Tree	152	12	0
Role Mapping	600	0	0
Alternate Descriptions	1102	0	2
Metadata	0	0	3
Document Settings	2	0	1

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Conforme Figura 33, 1152 (um mil cento e cinquenta e dois) elementos de sintaxe estão em conformidade com o PDF/UA, assim como 1932 (um mil novecentos e trinta e dois) elementos de conteúdo, 740 (setecentos e quarenta) elementos de linguagem natural e 600 (seiscentos) elementos de regras de mapeamento. Apenas Arquivos incorporados não foram identificados na amostra e 12 (doze) elementos de árvore estrutural obtiveram o resultado de aviso. Por fim, fontes (3 elementos), elementos estruturais (2 elementos), descrições alternativas (2 elementos), metadados (3 elementos) e configurações de documentos (1 elemento) apresentaram erros de acordo com a avaliação.

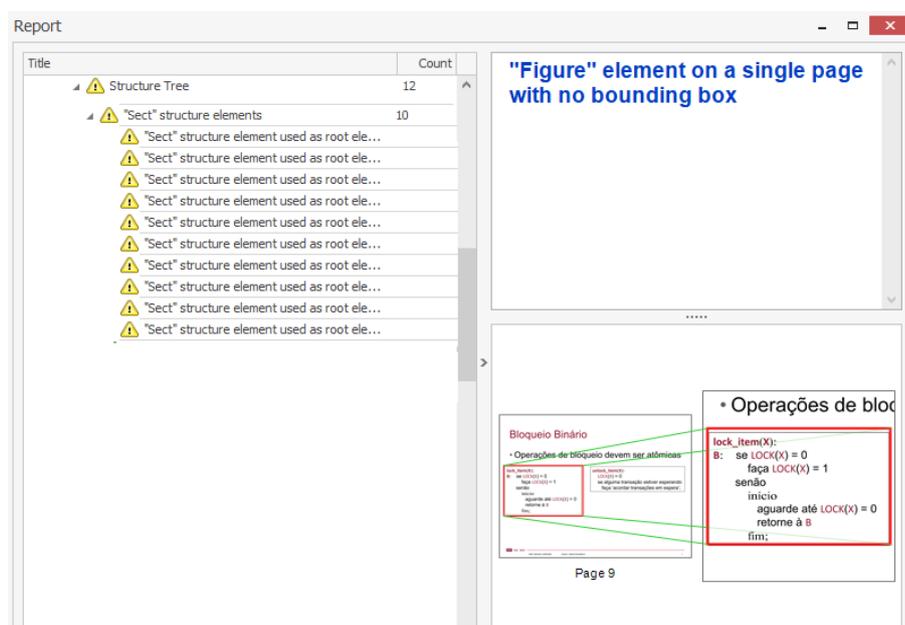
Figura 33 – Gráfico com as quantidades dos elementos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

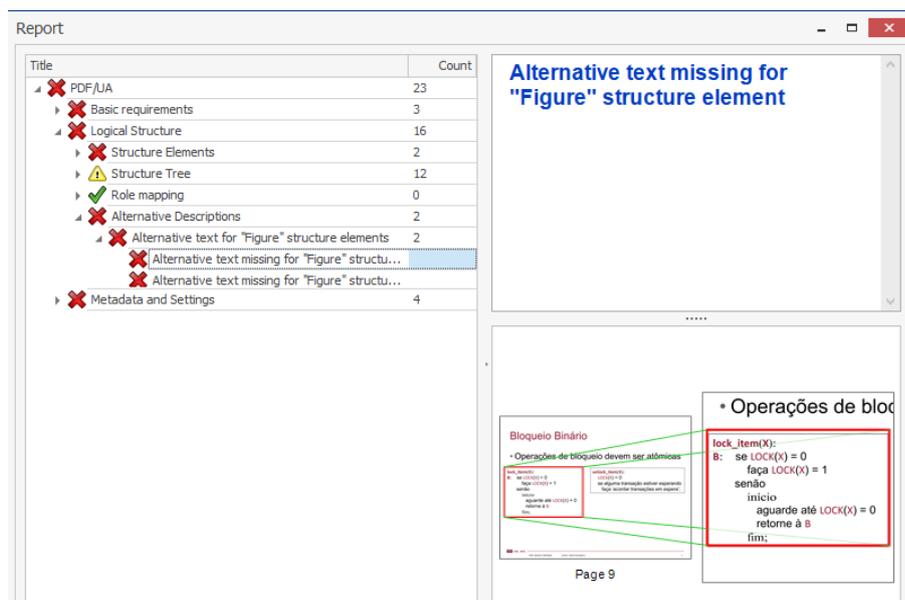
Essa amostra apresentou poucos elementos falhos e com aviso. Dentre os erros apontados, é possível observar conforme a Figura 34 e Figura 35, que o mesmo elemento (um trecho de código inserido na apresentação como imagem) apresentou o resultado aviso no teste da árvore estrutural, pois a imagem identificada está sem caixa delimitadora e também apresentou falha no teste de descrições alternativas, por não ter nenhuma descrição.

Figura 34 – Exemplo da falha nos elementos de árvore estrutural - Amostra 3



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

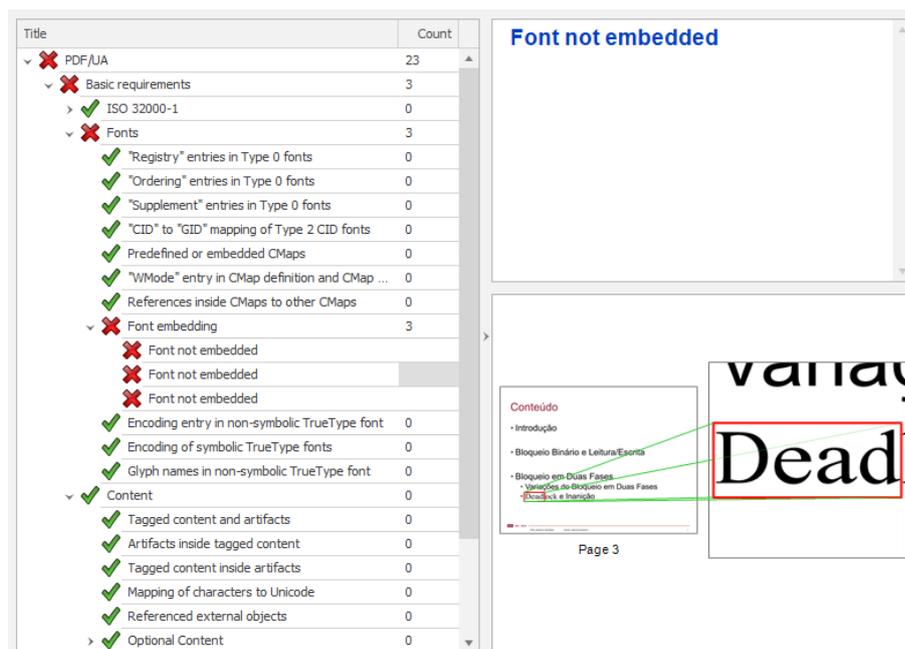
Figura 35 – Exemplo da falha nos elementos de descrições alternativas - Amostra 3



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No total foram apenas 11 erros de PDF/UA somando Descrições alternativas, Elementos estruturais, Fonte, Configurações de documento e metadados e configurações. Desses, somente 3 são de requisitos básicos, que são os erros referentes a Fonte e conforme a Figura 36 o principal erro de fonte é que as fontes não estão incorporadas.

Figura 36 – Print da tela com os detalhes dos resultados da avaliação, com destaque para o erro de Fonte - Amostra 3

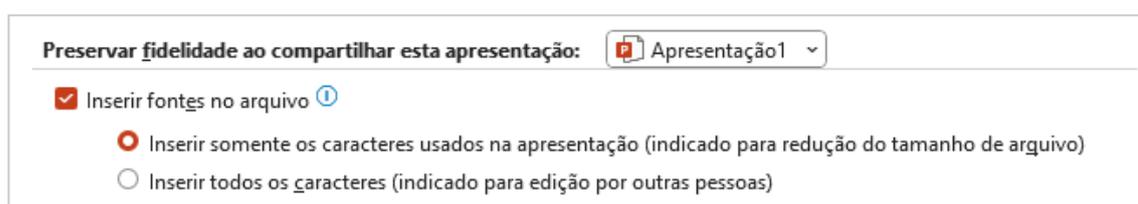


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A incorporação de fontes permite que quando o documento for compartilhado com outro usuário que não possui as fontes utilizadas na apresentação original, os caracteres não percam a sua configuração inicial, além de evitar que a fonte seja substituída quando for convertida para PDF.

Para incorporar fontes utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve clicar na guia Arquivo e depois em Opções (próximo ao canto inferior esquerdo da janela), depois, na coluna esquerda, a guia Salvar deve ser selecionada, na parte inferior, em Preservar fidelidade ao compartilhar essa apresentação, o usuário deve selecionar a caixa de seleção Inserir fontes, na caixa de seleção arquivo conforme Figura 37.

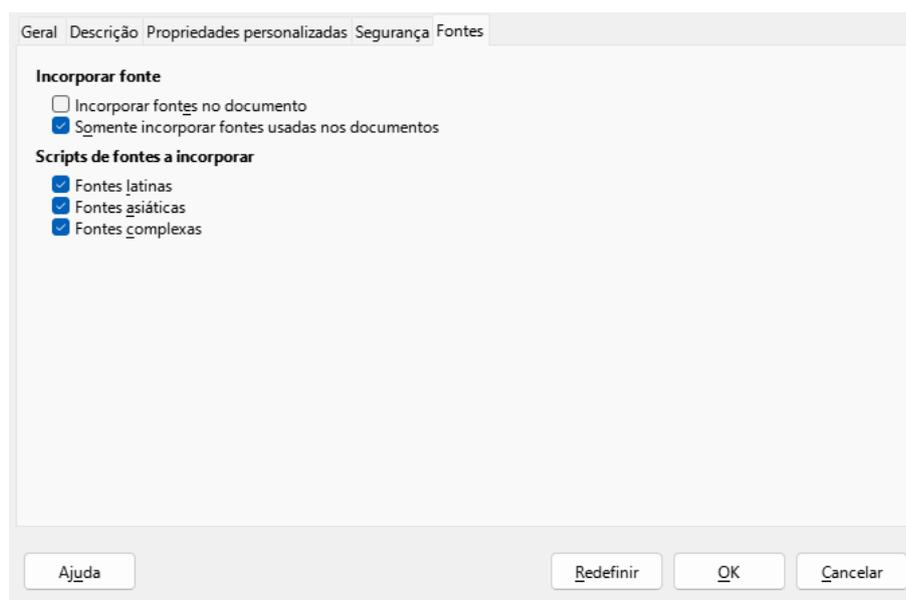
Figura 37 – Janela para incorporação de fontes na apresentação do *PowerPoint*



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para incorporar fontes utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve clicar na guia Arquivo, selecionar a opção Propriedades e na janela que abrir, selecionar a guia Fonte, depois o usuário precisa clicar na opção Incorporar fontes no documento, conforme figura 38 e por fim, clicar no botão OK.

Figura 38 – Janela para incorporação de fontes na apresentação do *PowerPoint*



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5.4 Avaliação do Documento 4

A quarta amostra avaliada refere-se à disciplina de Cálculo Diferencial e Integral III. Após a realização dos testes a ferramenta apontou que essa amostra não é compatível com o padrão PDF/UA, conforme Figura 39.

Figura 39 – *Print* do resultado da avaliação do material da disciplina Cálculo III, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA

The screenshot shows the PDF Accessibility Checker 2021 interface. At the top, there is a logo and the text "PDF Accessibility Checker 2021" with "Version: 21.0.0.0" and an "About" button. Below this, a metadata section shows: Title: (no title), Filename: Aula 20 - Cálculo Diferencial e integral III.pdf, Language: (no language), Tags: (no tags), Pages: 10, Size: 149 KB. There are tabs for "PDF/UA" and "WCAG". A red box highlights a message: "This PDF file is not PDF/UA compliant." Below this is a table of checkpoints.

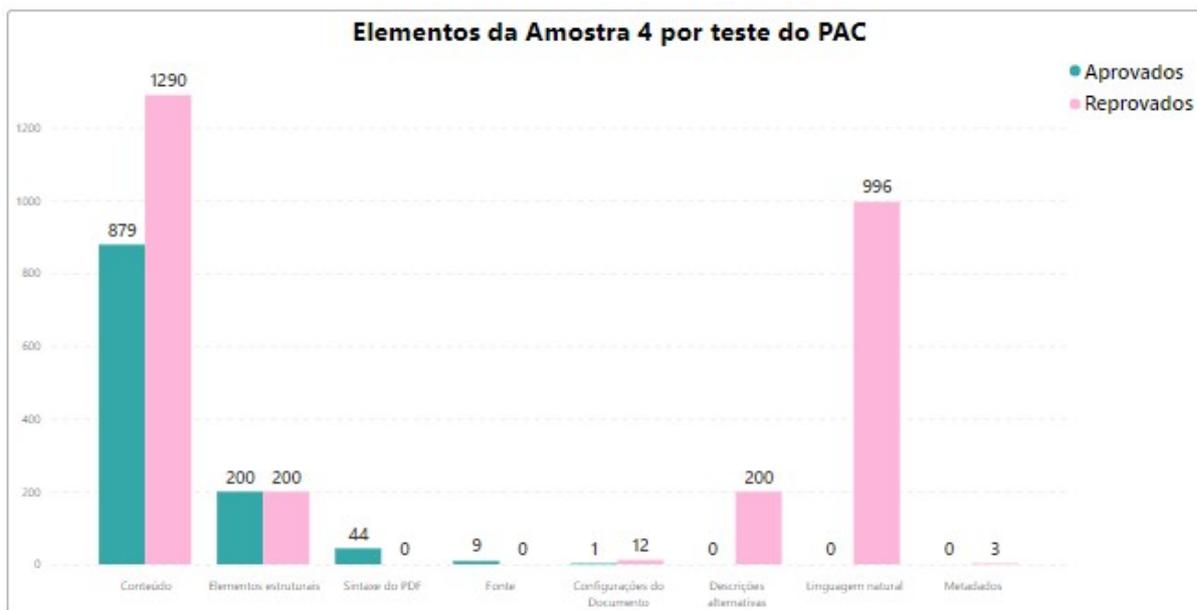
Checkpoint	Passed	Warned	Failed
✓ PDF Syntax	44	0	0
✓ Fonts	9	0	0
✗ Content	879	0	1290
⊗ Embedded Files	0	0	0
✗ Natural Language	0	0	996
✗ Structure Elements	200	0	200
⊗ Structure Tree	0	0	0
⊗ Role Mapping	0	0	0
✗ Alternate Descriptions	0	0	200
✗ Metadata	0	0	3
✗ Document Settings	1	0	12

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nesse documento avaliado, 44 (quarenta e quatro) elementos de sintaxe em conformidade com o PDF/UA, assim como 9 (nove) elementos de fonte. Arquivos incorporados, árvore de estrutura e regras de mapeamento não foram identificados na amostra. Por fim, conteúdo (1290 elementos), linguagem natural (996 elementos), elementos estruturais (200 elementos), descrições alternativas (200 elementos), metadados (3 elementos) e configurações de documentos (12 elementos) apresentaram erros de acordo com a avaliação.

É possível notar que dentre as barreiras identificadas a maior quantidade de elementos falhos está concentrada nos testes que avaliam os requisitos básicos de um documento para que ele esteja em conformidade com o padrão PDF/UA.

Figura 40 – Gráfico com as quantidades dos elementos



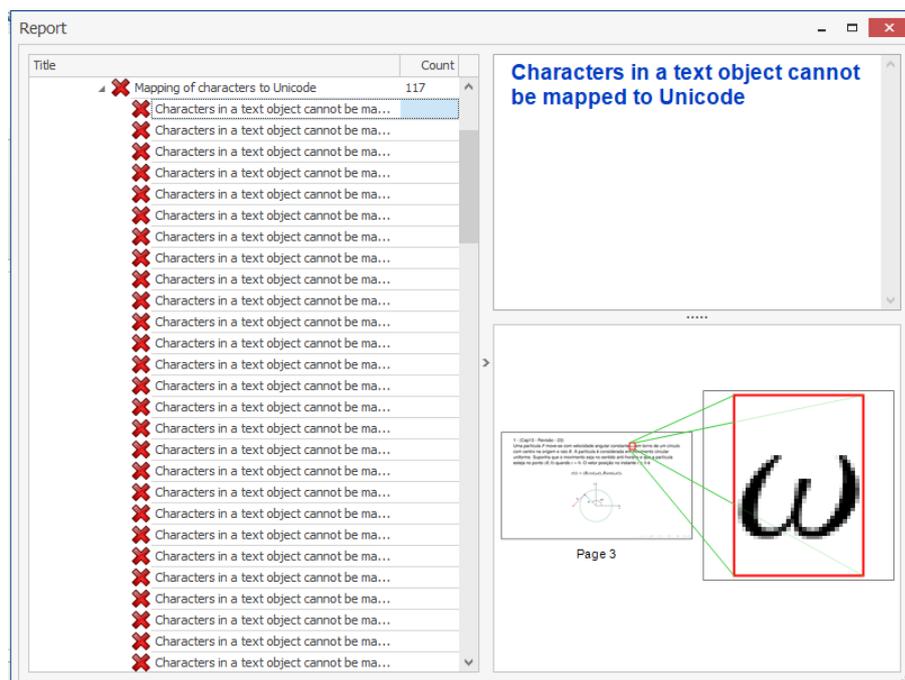
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nas Figuras 41 e 42 observa-se um caractere em um objeto de texto que não pôde ser mapeado para *unicode*, que é um padrão que permite aos computadores representar e manipular, de forma consistente, textos de qualquer sistema de escrita existente SANTANA (2020), e também um objeto de texto onde o validador não conseguiu determinar a linguagem natural.

No total foram 2701 erros de PDF/UA somando Conteúdo, Elementos estruturais, Configurações de documento, Descrições alternativas, Linguagem natural, Metadados e Configurações. Desses, 2286 são de requisitos básicos, que somam o conteúdo e linguagem natural.

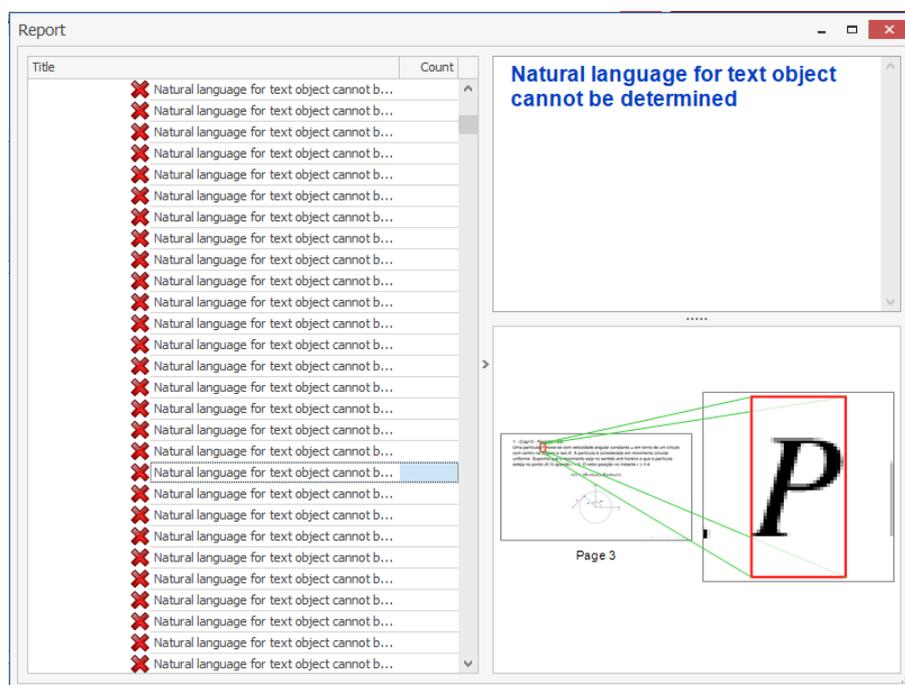
Por se tratar de um material da disciplina de cálculo, faz-se necessário a inserção de fórmulas de forma acessível. Para inserir fórmulas utilizando o *PowerPoint*, é necessário selecionar a guia Inserir e a opção Equação ou pressione Alt+=.

Figura 41 – Exemplo da falha nos testes de conteúdo - Amostra 4



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 42 – Exemplo da falha nos testes de linguagem natural - Amostra 4

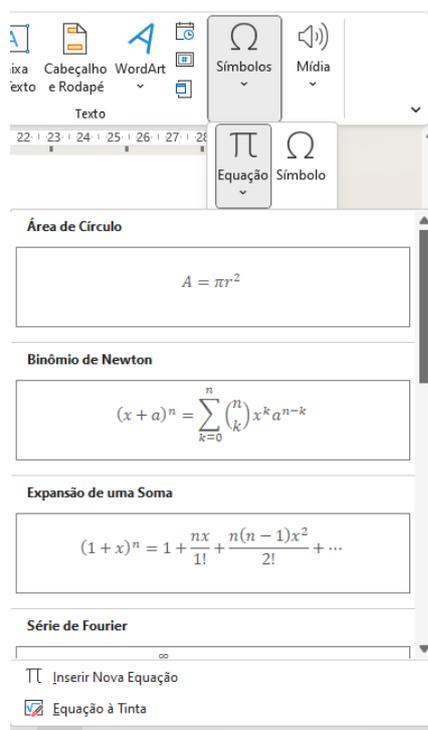


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para utilizar uma fórmula interna, basta selecionar a opção Design e depois a opção Equação e escolher a fórmula desejada, conforme Figura 43. Também é possível que o usuário crie a sua própria fórmula selecionando a opção Design, depois a opção Equação

e por fim, Equação à Tinta, e utilizar o dedo, caneta ou mouse para escrever a equação desejada e ao terminar, o usuário deve selecionar a opção Inserir para incorporar sua equação ao arquivo.

Figura 43 – Janela de opções para a seleção de fórmulas matemáticas

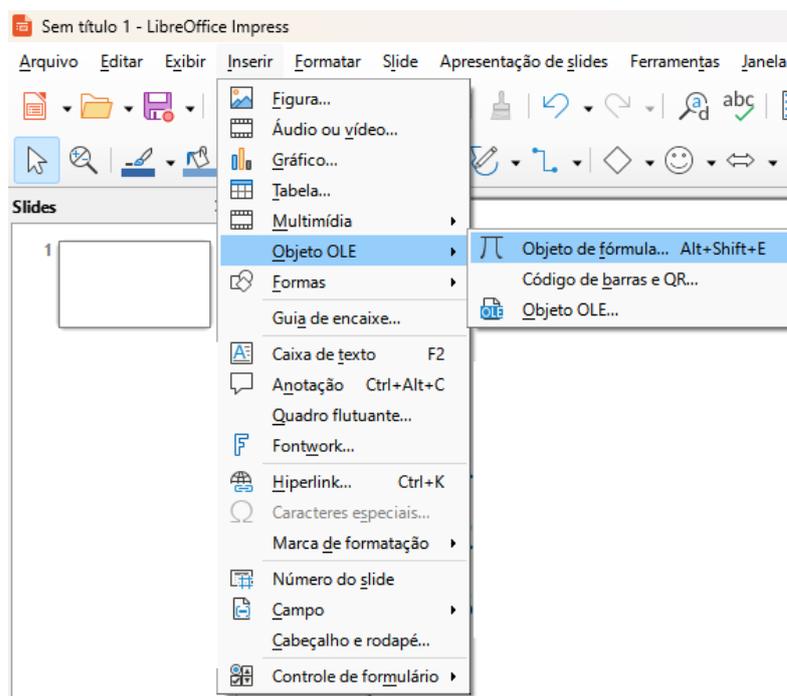


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para inserir uma fórmula utilizando o *Impress* basta ir até a guia Inserir, depois selecionar Objeto OLE e por fim selecionar a opção Objeto de fórmula.

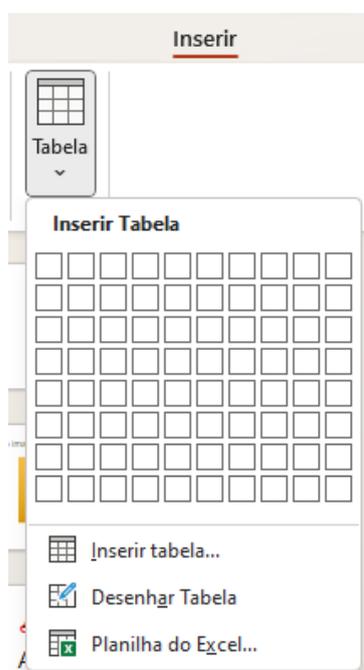
Para inserir tabelas mais acessíveis utilizando o *PowerPoint*, é necessário selecionar o *slide* ao qual deseja-se adicionar uma tabela. Depois, Na guia Inserir, o usuário deve selecionar a opção Tabela. Na caixa de diálogo que será aberta, Figura 45, deve ser selecionada uma das opções de inserção de tabela i) Usando o mouse para selecionar o número de linhas e colunas desejadas, ou ii) escolhendo Inserir Tabela e definindo um número de colunas e número de linha. Para adicionar conteúdo textual às células da tabela, basta clicar em uma célula e insira o texto desejado e depois de inserir o texto, clique fora da tabela.

Figura 44 – Janela de opções para a seleção de fórmulas matemáticas



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

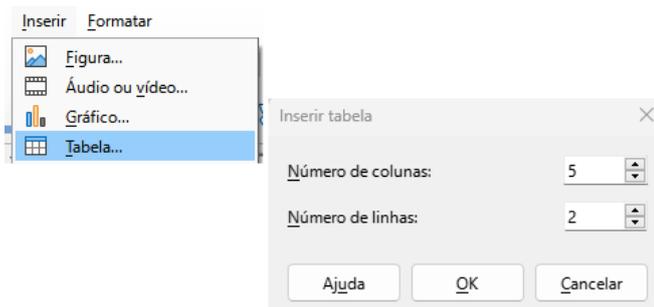
Figura 45 – Janela de opções para a inserção de tabela



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para inserir tabelas utilizando o *Impress* o usuário deve clicar na guia Inserir, depois selecionar a opção Tabela, conforme 46, ícone Tabela, será aberta uma janela onde é possível definir o número de linhas e colunas.

Figura 46 – Janela de opções para a inserção de tabela

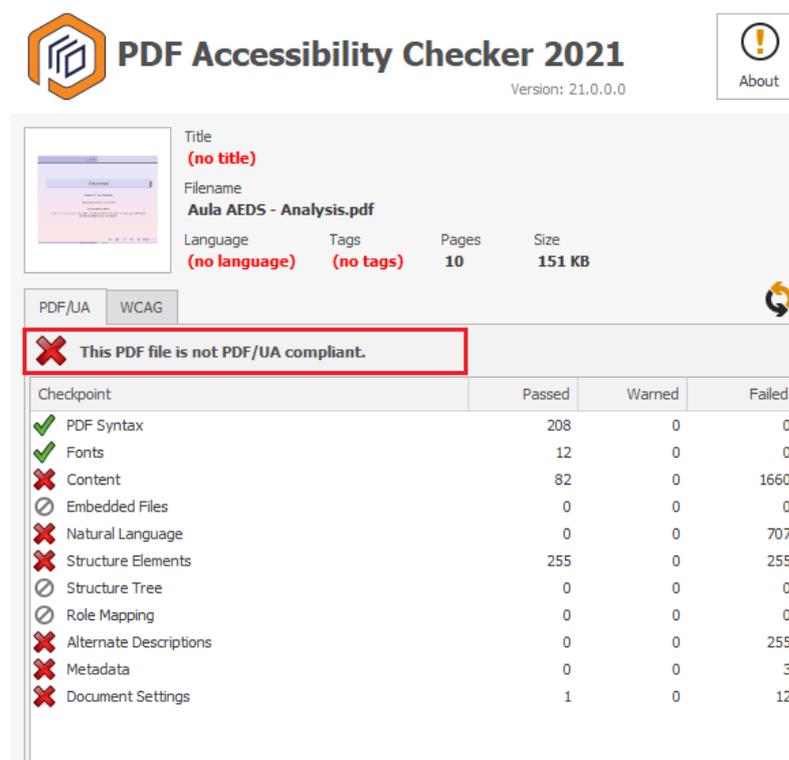


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 5.5 Avaliação do Documento 5

A última amostra analisada é o documento pertencente à disciplina de Algoritmos e Estrutura de Dados. Após a realização dos testes a ferramenta apontou que assim como todas amostras analisadas anteriormente, essa também não é compatível com o padrão PDF/UA conforme pode ser observado na Figura 47.

Figura 47 – *Print* do resultado da avaliação do material da disciplina AEDS, destacando que o material não é compatível com o PDF/UA



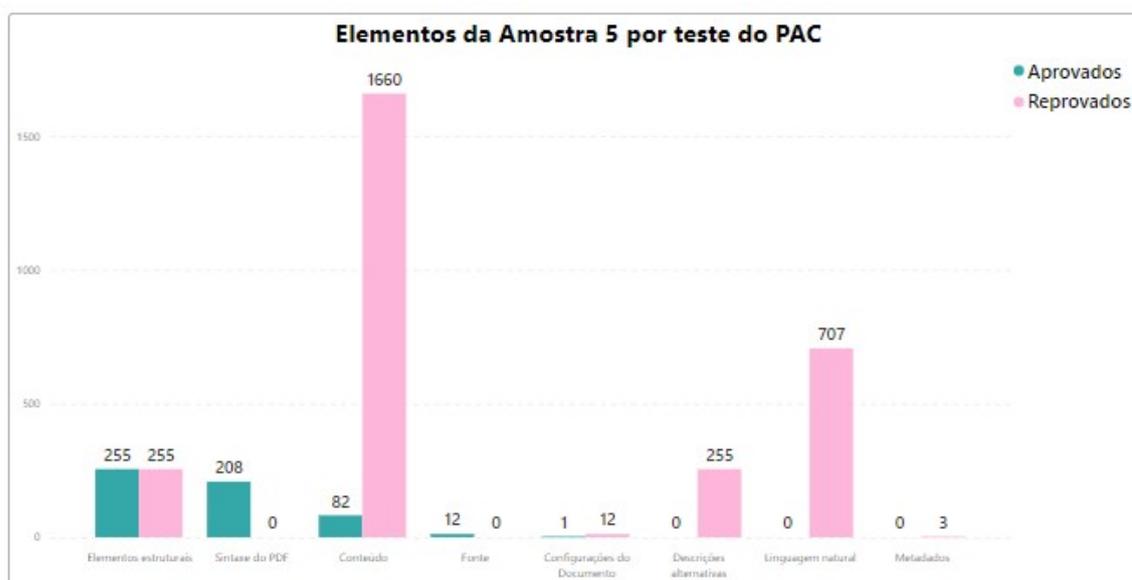
The screenshot shows the 'PDF Accessibility Checker 2021' interface. The title is '(no title)', the filename is 'Aula AEDS - Analysis.pdf', the language is '(no language)', and the tags are '(no tags)'. The document has 10 pages and a size of 151 KB. The interface shows a red error message: 'This PDF file is not PDF/UA compliant.' Below this, a table lists the checkpoints and their results:

Checkpoint	Passed	Warned	Failed
✓ PDF Syntax	208	0	0
✓ Fonts	12	0	0
✗ Content	82	0	1660
⊗ Embedded Files	0	0	0
✗ Natural Language	0	0	707
✗ Structure Elements	255	0	255
⊗ Structure Tree	0	0	0
⊗ Role Mapping	0	0	0
✗ Alternate Descriptions	0	0	255
✗ Metadata	0	0	3
✗ Document Settings	1	0	12

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Nesse documento, 208 (duzentos e oito) elementos de sintaxe estão em conformidade com o PDF/UA, assim como 12 (doze) elementos de fonte. Arquivos incorporados, árvore de estrutura e regras de mapeamento não foram identificados na amostra. Por fim, conteúdo (1660 elementos), linguagem natural (707 elementos), elementos estruturais (255 elementos), descrições alternativas (255 elementos), metadados (3 elementos) e configurações de documentos (12 elementos) apresentaram erros.

Figura 48 – Gráfico com as quantidades dos elementos

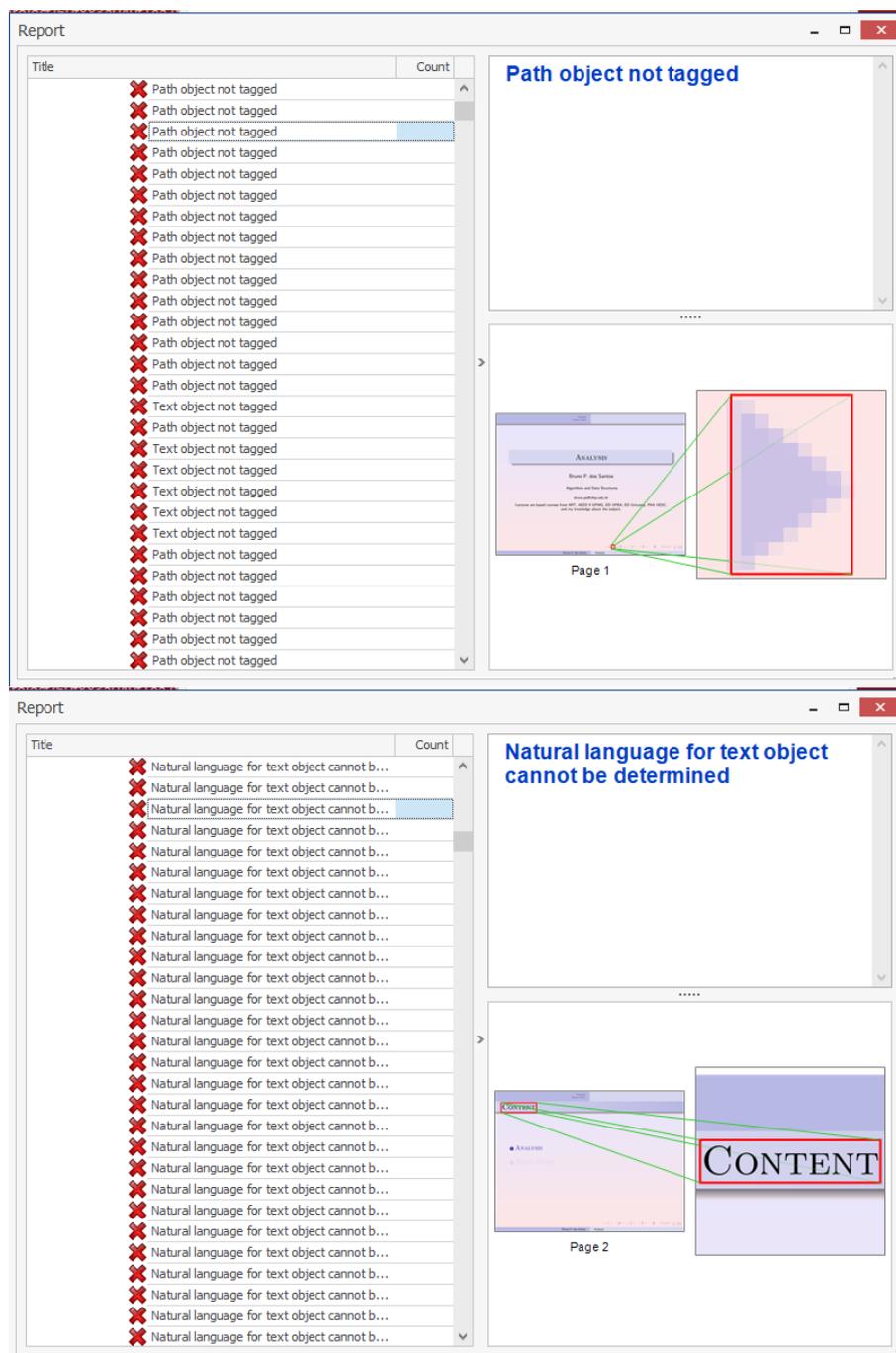


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Neste relatório resumido, observa-se que dentre as barreiras identificadas a maior incidência de elementos falhos está concentrada nos testes que avaliam os requisitos básicos de um documento para que ele esteja em conformidade com o padrão PDF/UA. Pode ser observado um grande número de elementos reprovados no teste de conteúdo. Na Figura 49 temos dois exemplos de elementos reprovados onde o primeiro deles é um objeto que não tem o caminho marcado (erro de *link*) e o segundo ao qual não foi possível determinar a linguagem natural, e esse objeto, é uma palavra em língua estrangeira.

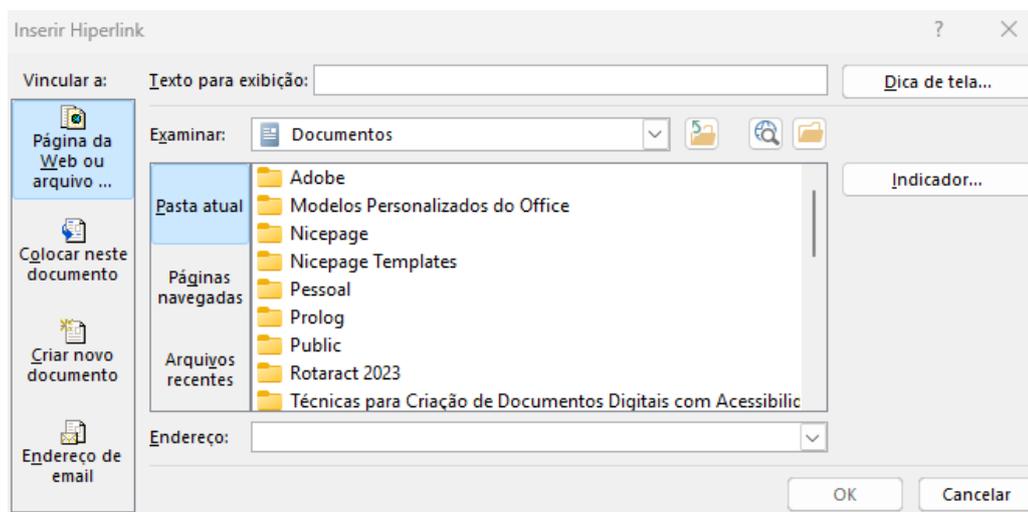
No total foram 2892 erros de PDF/UA somando elementos estruturais, conteúdo elementos estruturais, descrições alternativas, configurações de documento, descrições alternativas, linguagem natural, metadados e configurações. Desses, 2367 são de requisitos básicos, que somam o conteúdo e linguagem natural.

Figura 49 – Exemplo da falha nos testes de conteúdo e linguagem natural - Amostra 5



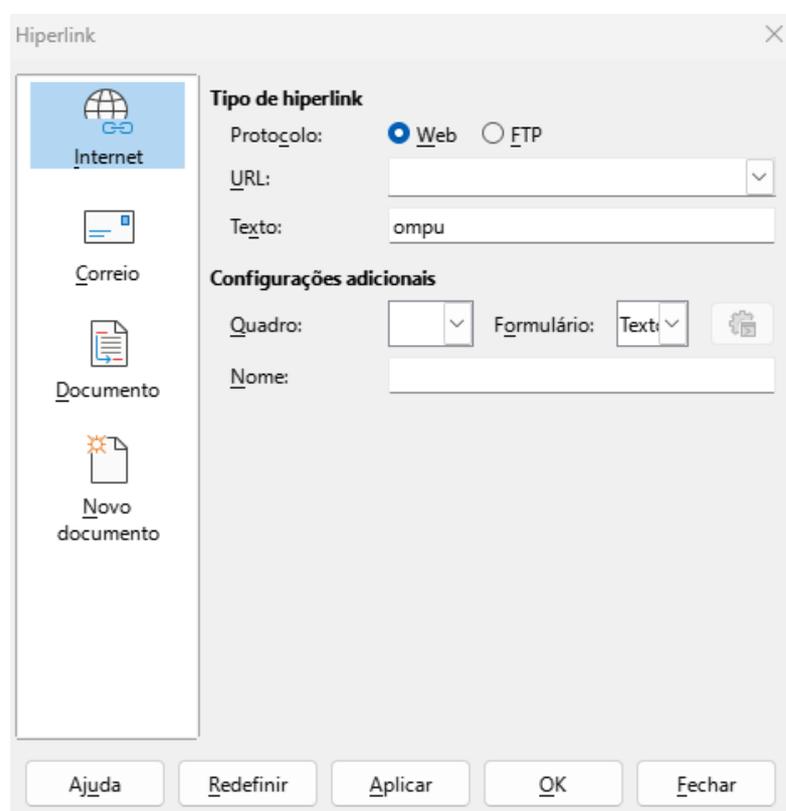
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para inserir *links* utilizando o *PowerPoint*, é necessário selecionar o texto, a forma ou a imagem a ser usada como *hiperlink*, depois selecionar a opção Inserir e por fim a opção *Hiperlink*. Depois é preciso que se defina a Página da *Web* e acrescente: no campo Texto para exibição, é necessário digitar o texto que se deseja exibir como *hiperlink*, no campo Dica de tela, o usuário deve digitar o texto que deseja exibir quando passar o cursor do *mouse* sobre o *hiperlink* conforme Figura 50.

Figura 50 – Menu para definição de *Hiperlink*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

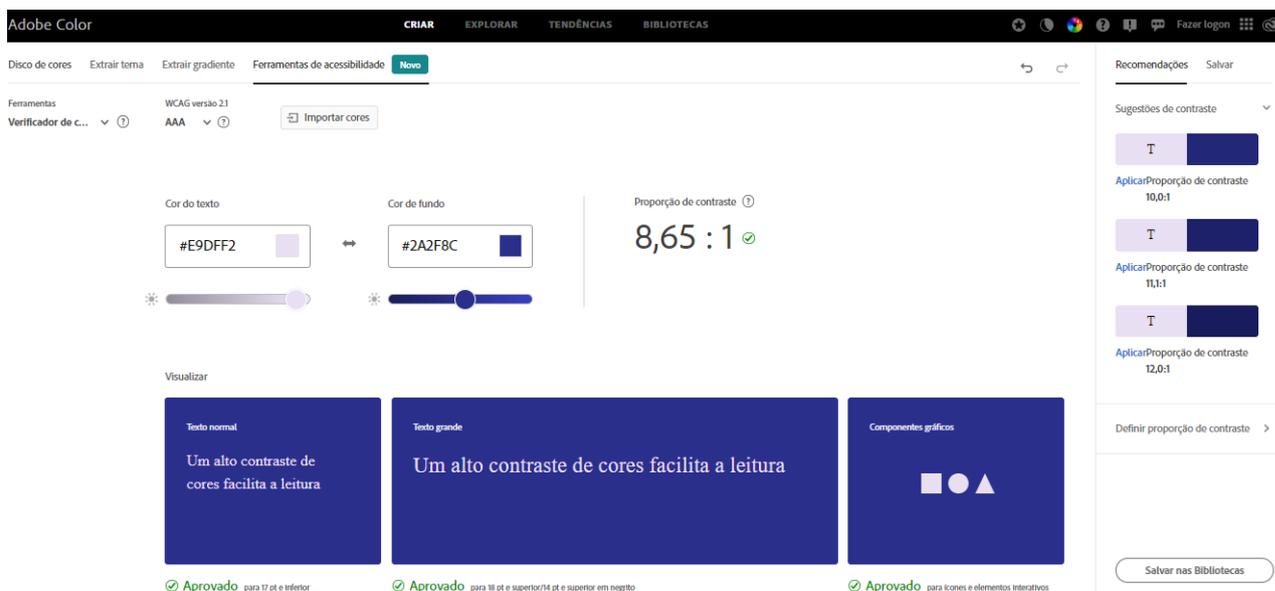
Para inserir *links* utilizando o *Impress*, é necessário selecionar a guia Inserir e depois a opção *Hiperlink*. Será aberta uma janela conforme Figura 51 onde deve ser definido o endereço da *Web* desejado e o texto a ser exibido com o *link*. Depois, basta clicar no botão de OK.

Figura 51 – Menu para definição de *Hiperlink*

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao criar as apresentações também é importante verificar as cores utilizadas e o contraste<sup>2</sup> entre os elementos presentes na apresentação. Nessa amostra, a tela de fundo da apresentação está em degradê das cores azul e rosa. O teste de contraste foi realizado com essas cores base, como pode ser visto na Figura 52.

Figura 52 – Exemplo do *site* de verificação de contrastes das cores



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para auxiliar na verificação do contraste, acesse a página de verificação de contrastes da Adobe<sup>3</sup> - Figura 52, importe a imagem que deseja analisar o contraste clicando no botão **Importar cores**, depois, a ferramenta irá apresentar a proporção de contraste das cores selecionadas na imagem importada e se essa proporção está adequada para textos em tamanhos normais (até 17pt), textos grandes (acima de 18pt e em negrito) e para elementos gráficos, na lateral direita, a ferramenta também exibe sugestões de proporção de contraste e permite que o usuário defina a proporção de contraste adequada.

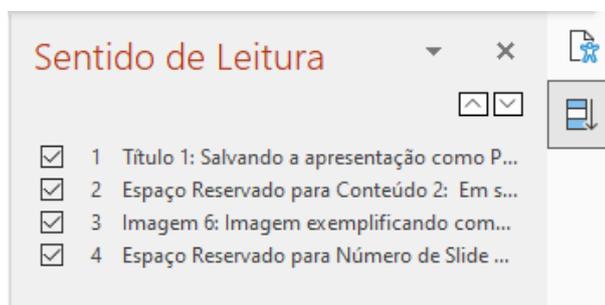
Ao ler qualquer documento a ordem em que as informações são apresentadas é fundamental para a compreensão do seu conteúdo. Para definir a ordem de leitura do conteúdo da apresentação utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve selecionar na faixa de opções **Revisão**, depois clicar na opção **Verificar Acessibilidade**, na seção **Avisos** do painel *Acessibilidade*, deve-se escolher a opção **Verificar ordem de leitura**.

<sup>2</sup> Contraste cromático é a relação entre as cores que define as suas diferenças. Quando duas cores diferentes entram em contraste, este intensifica as diferenças entre ambas (ARAÚJO, 2019).

<sup>3</sup> Site da Adobe que auxilia na verificação de contrastes das cores presentes no documento: <<https://color.adobe.com/pt/create/color-contrast-analyzer>>

Para verificar telas individualmente utilizando o *PowerPoint*, o usuário deve selecionar a seta de menu suspenso presente na opção **Verificar Acessibilidade**, em seguida selecionar **Painel sentido de Leitura** conforme mostra a Figura 53. Todos os elementos na tela de apresentação em questão serão listadas no **Painel sentido de Leitura**. Para reorganizar os elementos, é possível arrastar e soltar para cima e para baixo, alterando para a ordem de leitura. Para mover vários elementos, o usuário deve pressionar e segure a tecla **ctrl** e selecione os elementos desejados para movê-los juntos. O *Impress* não possui essa opção de verificação.

Figura 53 – Exemplo do Painel de sentido de leitura

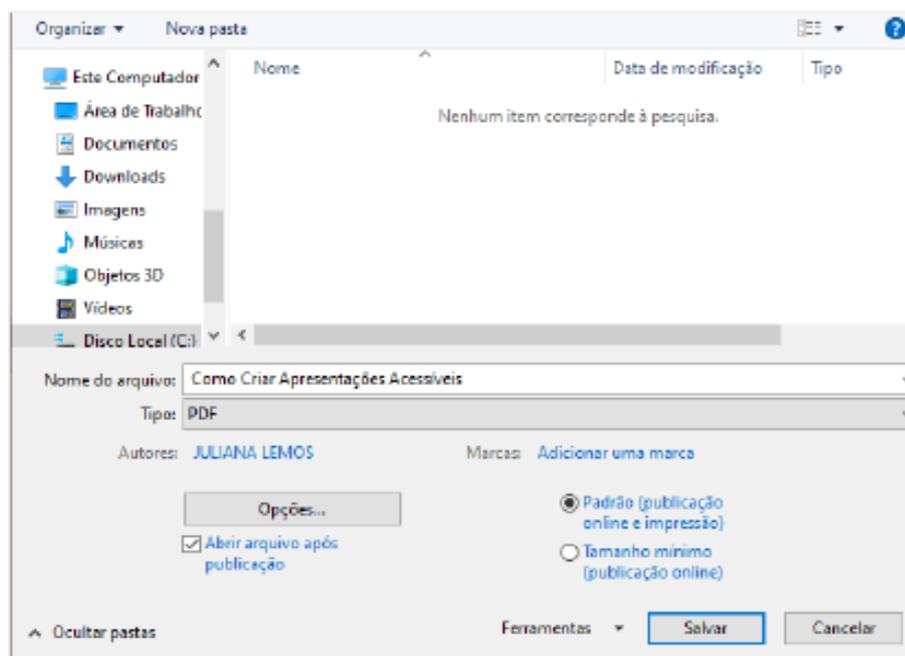


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Antes de salvar as apresentações, faz-se necessário o uso do verificador de acessibilidade (disponível apenas no *PowerPoint*), para identificar se não há nenhum elemento presente que tenha alguma barreira de acessibilidade não corrigida. Para salvar a apresentação, o usuário deve selecionar **arquivo, Opções, Salvar como**. Será aberta uma janela (Figura 54) para que seja selecionado o tipo do arquivo e o local onde ele será salvo. Abaixo da caixa de definição do nome do arquivo, tem o campo **Tipo** onde é possível definir o formato em que a apresentação será salva. Para este modelo, escolhemos a opção PDF.

Para que o arquivo seja salvo em formato acessível, é necessário antes de salvar, clicar no botão **Opções** (Destacado na Figura 30) localizado abaixo da caixa de exibição dos autores dos documentos na janela de salvamento. Ao clicar, será aberta uma janela de opções, onde deve ser marcada a caixa de seleção **Compatível com PDF/A** (Figura 31) presente na seção **Opções de PDF**, sendo essa a única opção de formato de PDF acessível na ferramenta *PowerPoint*.

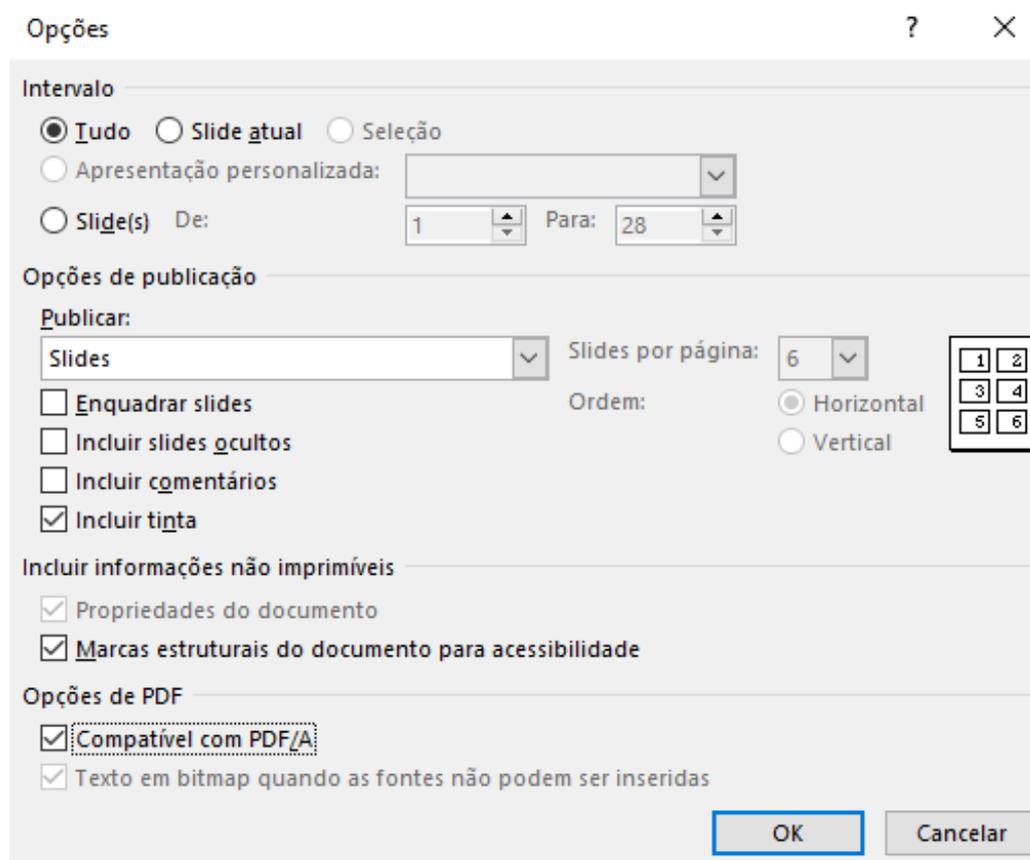
Figura 54 – Exemplo da janela de salvamento de arquivos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

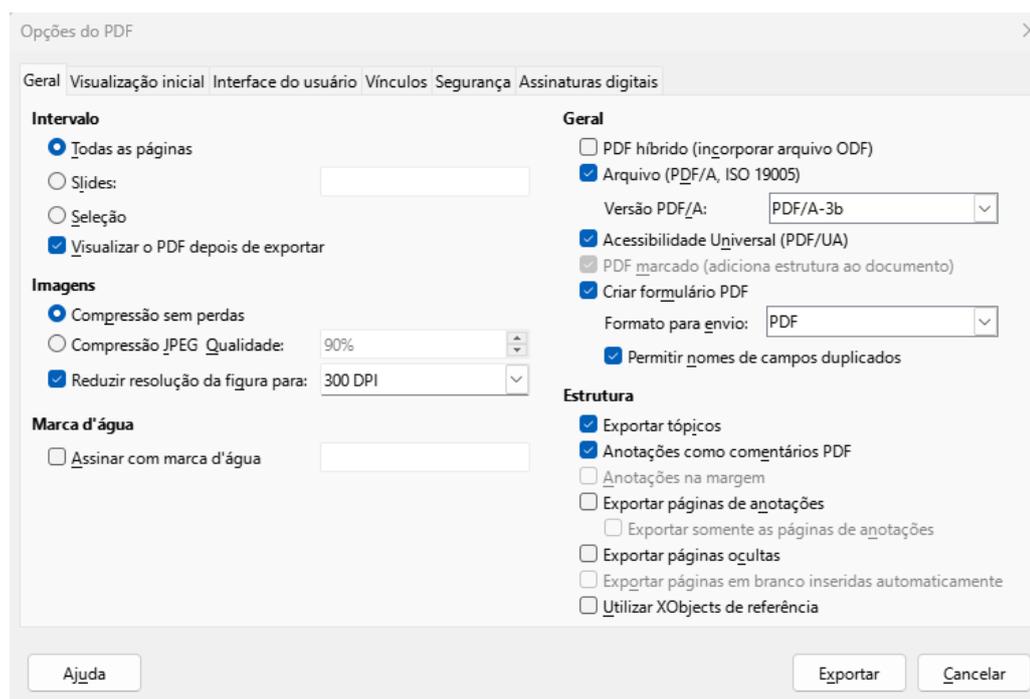
Para salvar a apresentação criada com o *Impress*, o usuário deve clicar na seta à direita do ícone de salvar e escolher a opção exportar, logo será aberta uma janela para que seja selecionado o tipo do arquivo e o local onde ele será salvo. Abaixo da caixa de definição do nome do arquivo, tem o campo Tipo onde é possível definir o formato em que a apresentação será salva. Para este modelo, escolhemos a opção PDF, clique em **Salvar** e será aberta uma nova janela (Figura 56) para que sejam escolhidas as configurações do PDF. Selecione as configurações referentes ao PDF/UA e clique em **Exportar**.

Figura 55 – Exemplo da caixa de opções da janela de salvamento de arquivos



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 56 – Caixa de Opções do PDF utilizando o Impress

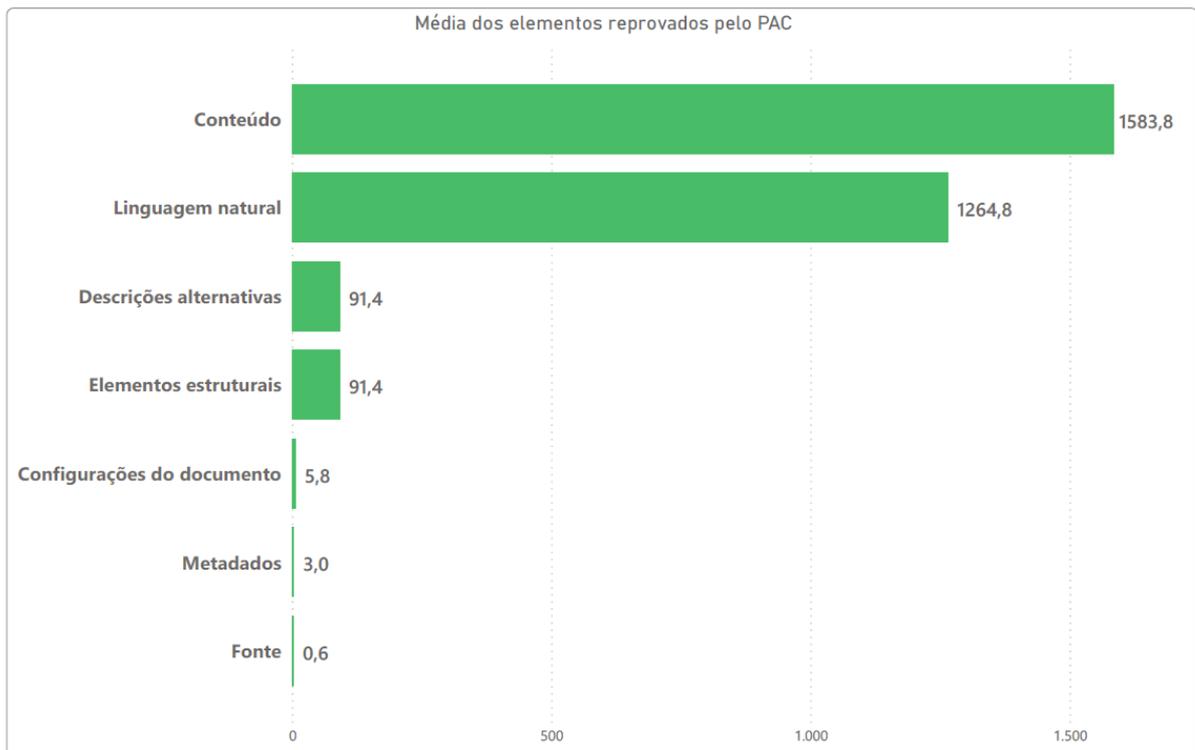


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

## 6 Resultados

Todas as cinco amostras analisadas pela ferramenta PAC apresentaram erros e foram avaliadas como não sendo compatíveis com o padrão PDF/UA. O gráfico representado na Figura 57, mostra a média de erro dos elementos, sendo que, como pode ser visto, os que apresentaram mais erros foram os testes de Conteúdo e Linguagem Natural.

Figura 57 – Média de erros dos elementos nos testes realizados pelo PAC



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A avaliação conduzida por especialistas no trabalho de Silva (2019), constatou que as amostras analisadas não são acessíveis à leitura por pessoas com deficiência visual, o que também foi constatado na avaliação com o PAC. Além disso, foi observado que não foi possível compreender as imagens e tabelas presentes nos documentos.

A avaliação realizada com usuários simulando pessoas com deficiência visual no trabalho de Silva (2019) apontou, na amostra 1 a falta de acessibilidade na identificação de tópicos, imagens e tabelas, que foi validado pela avaliação realizada com o PAC que além de identificar elementos sem a devida marcação, a ferramenta também identificou a formatação da apresentação como erro de acessibilidade.

A avaliação com usuários no trabalho de [Silva \(2019\)](#), realizada na amostra 2, também apontou a falta de acessibilidade no documento, destaca-se a falta de acessibilidade na identificação de tópicos, imagens e tabelas. Este resultado também foi validado pela avaliação realizada com o PAC que identificou esses mesmos elementos sem a devida marcação e a maior quantidade de erros concentrada no conteúdo do documento.

Já a avaliação realizada com usuários no trabalho de [Silva \(2019\)](#) na amostra 3, também apontou a falta de acessibilidade quanto ao conteúdo do documento, porém segundo os usuários que avaliaram a amostra 3, a leitura de tópicos tornou-se mais clara. Este resultado também teve validação no teste automático com a ferramenta PAC pois a mesma identificou poucos erros neste documento, sendo o que menos apresentou erros de acessibilidade dentre os demais documentos da amostra.

A avaliação realizada com usuários no trabalho de [Silva \(2019\)](#) na amostra 4, também reportou a falta de acessibilidade no documento analisado, sendo destacado o fato de que nenhuma das expressões matemáticas foram compreendidas, além dos usuários terem relatado que aparentemente havia uma repetição de letras. Esse resultado foi validado pelo teste automático que demonstrou grande concentração de erros no tópico referente ao conteúdo do documento, seguido pela linguagem natural e elementos estruturais.

Como resultado da análise de [Silva \(2019\)](#) na amostra número 5, constatou que o uso de palavras estrangeiras e de efeitos ao criar um documento PDF além de não permitir a leitura acessível desses documentos causaram desconforto e insatisfação dos usuários. Esse resultado foi validado pelo teste automatizado utilizando a ferramenta PAC, pois a mesma não conseguiu identificar a linguagem do documento e identificou os elementos de efeito como erros.

## 7 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo avaliar a acessibilidade de uma amostra de documentos PDF de utilizando ferramentas de avaliação automatizada de acessibilidade. Foi escolhida a ferramenta de avaliação automatizada PAC e por meio dessa avaliação, foi possível identificar barreiras de acessibilidade presentes nos documentos, validando os resultados obtidos por [Silva \(2019\)](#).

Quanto ao objetivo específico de categorizar os problemas de acessibilidade identificados nas avaliações realizadas, os resultados foram classificados de acordo com as três categorias de avaliação do PAC: i) Requerimentos básicos (ISO 32000-1, Fontes, Conteúdo, Arquivos incorporados, Linguagem natural); ii) Estrutura lógica (Elementos estruturais, Árvore estrutural, Mapeamento de funções, Descrições alternativas) e iii) Metadados e configurações (Metadados, configurações do documento). A partir dessa classificação, foi possível observar que a maioria dos erros de acessibilidade identificados encontram-se na categoria de requerimentos básicos.

Em resumo, os resultados confirmaram que os erros apontados nas avaliações feitas por especialistas e usuários também foram identificados na avaliação com o PAC. No entanto, é importante destacar que a ferramenta PAC avalia principalmente os aspectos técnicos do documento em relação à acessibilidade, enquanto as avaliações feitas por usuários e especialistas levam em consideração a experiência pessoal e fatores intangíveis, como o sentimento em relação ao uso do material.

Os resultados das avaliações com o PAC, permitiram identificar os erros de conteúdo, linguagem natural, descrições alternativas, elementos estruturais, configurações do documento, metadados e Fonte nas apresentações utilizadas como material de apoio em cinco disciplinas distintas do ICEA. Esses erros representam barreiras de acessibilidade, pois impedem o acesso autônomo ao conteúdo dos documentos. A identificação dessas falhas foi essencial para compreender quais melhorias são necessárias para tornar os documentos acessíveis. Portanto, foram elaboradas sugestões de correção de tais erros de acessibilidade ao utilizar o *PowerPoint* e/ou *Impress* para a criação dos *slides* das aulas que são disponibilizado para os discentes no *Moodle*.

Quanto à revisão bibliográfica, foi realizada uma pesquisa que abordou diversos conceitos teóricos referentes ao presente trabalho, porém foi constatado que ainda há poucos trabalhos técnicos relacionados ao PDF/UA voltados para a área de computação.

As amostras disponibilizadas para avaliação mostraram que podem existir muitos arquivos em PDF disponibilizados no ambiente virtual de aprendizagem da UFOP inacessíveis.

Desse modo faz-se necessário uma capacitação para os docentes, a fim de instruí-los sobre a criação de materiais acessíveis. Por fim, este trabalho mostrou que é possível adequar os *slides* de aula para que se tornem acessíveis, seguindo as recomendações para que seja atingida a acessibilidade de documentos PDF. Conclui-se que a depender da ferramenta utilizada, de acordo com a avaliação automatizada, a acessibilidade do documento gerado pode ser alcançada.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de um estudo mais aprofundado dos métodos de avaliação empregados pelo PAC 2021. Essa investigação pode proporcionar *insights* adicionais sobre a eficácia e a abrangência dessas ferramentas de avaliação automatizada de acessibilidade. Além disso, é recomendado explorar a criação de modelos de apresentações acessíveis utilizando outras ferramentas de criação, como o LaTeX e a ferramenta de apresentações da *Google*. Essa abordagem ampliará a compreensão das diferentes opções disponíveis e permitirá explorar alternativas mais adequadas às necessidades específicas de acessibilidade. Sugere-se também a criação de uma cartilha de acessibilidade de PDF contendo as estratégias para a criação de tais documentos dentro dos padrões de acessibilidade. Tais esforços futuros podem enriquecer o campo de acessibilidade em apresentações e contribuir para a melhoria da inclusão e do acesso à informação para todos os públicos.

Por fim, reforça-se a importância das aplicações de recursos de acessibilidade nos conteúdos da web, juntamente com a avaliação da interação dos usuários com deficiência. Essa abordagem colaborativa e inclusiva tem o potencial de promover uma experiência online mais igualitária e acessível para todos os usuários, independentemente de suas habilidades ou deficiências. Como resultado, a interseção entre a acessibilidade e as diferentes áreas de conhecimento torna-se essencial para alcançar uma sociedade digital mais inclusiva e equitativa.

## Referências

- 2.1, W. *What's New in WCAG 2.1*. 2018. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/new-in-21/guideline-13-adaptable>>. Citado na página 36.
- ABOU-ZAHRA, S. A data model to facilitate the automation of web accessibility evaluations. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Elsevier, v. 157, n. 2, p. 3–9, 2006. Citado na página 29.
- ARAUJO, G. *Contrastes e harmonias na teoria das cores*. 2019. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4970086/mod\\_resource/content/1/Slides%20aula%206%20Contrastes%20e%20harmonias%20Gabriella.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4970086/mod_resource/content/1/Slides%20aula%206%20Contrastes%20e%20harmonias%20Gabriella.pdf)>. Citado na página 66.
- ARCHER, B. Método sistemático para designers. *Revista Design. Inglaterra*, v. 3, 1963. Citado na página 31.
- BANDEIRA, M. T. C. et al. Projeto gráfico-editorial: e-book sobre acessibilidade para professores do ensino superior. Florianópolis, SC, 2022. Citado na página 31.
- BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. da. *Interação Humano-Computador*. [S.l.: s.n.], 2010. ISBN 978-85-352-3418-3. Citado na página 29.
- BRASIL, G. F. *Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. 2015. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm)>. Citado na página 25.
- BRASIL, G. F. *Curso eMAG / Conteudistas / Recomendações de acessibilidade / WCAG 2.0*. 2021. Disponível em: <<http://emag.governoeletronico.gov.br/cursoconteudista/desenvolvimento-web/recomendacoes-de-acessibilidade-wcag2.html>>. Citado na página 16.
- CASTRO, L. d.; PERASSI, R. Estruturação de projetos gráficos: A tipografia como base do planejamento. *Curitiba: Editora Appris*, 2018. Citado na página 31.
- DEFINIRTEC. *O que é a linguagem natural?* 2023. Disponível em: <<https://definirtec.com/ampliar/23527/o-que-e-a-linguagem-natural>>. Citado na página 35.
- DEITEL, P. J.; DEITEL, H. M. *Java como programar*. 6a. ed. [S.l.]: Pearson education, 2005. Apêndice F - Unicode. Citado na página 28.
- EMAG. *eMAG - Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico*. 2014. Disponível em: <<https://www.acessibilidade.gov.br/emag>>. Citado na página 26.
- HARPER, S.; YESILADA, Y. *Web accessibility: a foundation for research*. [S.l.]: Springer, 2008. Citado 3 vezes nas páginas 15, 25 e 29.
- INEP. *Leitor de tela no Enem amplia recursos acessíveis em 2020*. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/enem/leitor-de-tela-no-enem-amplia-recursos-acessiveis-em-2020>>. Citado na página 16.

- ISO14289 – 1. Iso 14289-1: 2012 especificação de como usar a iso 32000-1 (pdf / ua-1) para produzir documentos eletrônicos acessíveis. 2014. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/54564.html>>. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 29.
- ISO32000-1. *Document management — Portable document format — Part 1: PDF 1.7*. [S.l.], 2019. Citado 9 vezes nas páginas 15, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27 e 35.
- MEC. *PORTARIA Nº 343, DE 17 DE MARÇO DE 2020*. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-343-de-17-de-marco-de-2020-248564376>>. Citado na página 15.
- MICROSOFT. *Benefícios da incorporação de fontes personalizadas*. 2022. Disponível em: <<https://support.microsoft.com/pt-br/office/benef%C3%ADcios-da-incorpora%C3%A7%C3%A3o-de-fontes-personalizadas-cb3982aa-ea76-4323-b008-86670f222dbc>>. Citado na página 28.
- MOODLE. *Sobre o Moodle*. 2021. Disponível em: <[https://docs.moodle.org/all/pt\\_br/Sobre\\_o\\_Moodle](https://docs.moodle.org/all/pt_br/Sobre_o_Moodle)>. Citado na página 15.
- PDFLIB. *The PDF/UA-1 Standard for Universal Accessibility*. 2023. Disponível em: <<https://www.pdfliab.com/pdf-knowledge-base/pdfua/the-pdfua-standard/>>. Citado na página 27.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. [S.l.]: Universidade FEEVALE, 2018. Citado na página 17.
- SANTANA, C. *Estudo Básico Sobre Codificação de Caracteres*. 2020. Disponível em: <<https://culturadev.com.br/estudo-basico-sobre-codificacao-de-caracteres/#:~:text=A%20Unicode%20mapeia%20cada%20caractere,qualquer%20sistema%20de%20escrita%20existente.>> Citado na página 58.
- SANTOS, B.; GEORGE, A. D. *Tipos de bitmaps*. 2022. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/dotnet/desktop/winforms/advanced/types-of-bitmaps?view=netframeworkdesktop-4.8>>. Citado na página 23.
- SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. *Cartilha de Acessibilidade na Web*. 2023. Disponível em: <<https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>>. Citado na página 23.
- SILVA, L. M. M. *Análise da Acessibilidade em Documentos PDF*. 2019. Monografia (Bacharel em Sistemas de Informação), UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), João Monlevade, Brazil. Citado 7 vezes nas páginas 7, 16, 18, 32, 70, 71 e 72.
- SLATIN, J. M.; RUSH, S. *Maximum accessibility: Making your web site more usable for everyone*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 29.
- SOUZA, N.; CARDOSO, E.; PERRY, G. T. Limitações da avaliação automatizada de acessibilidade em uma plataforma de moocs: Estudo de caso de uma plataforma brasileira. *Revista Brasileira de Educação Especial*, SciELO Brasil, v. 25, p. 603–616, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

TANGARIFE, T.; MONT'ALVÃO, C. Estudo comparativo utilizando uma ferramenta de avaliação de acessibilidade para web. In: *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction*. [S.l.: s.n.], 2005. p. 313–318. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 29.

TERRA, J. C. et al. Taxonomia: elemento fundamental para a gestão do conhecimento. *Biblioteca Terra Fórum Consultores*, 2005. Citado na página 33.

PDF/UA Foundation. *PDF Accessibility Checker 2021*. 2021. Disponível em: <[https://pdfua.foundation/wp-content/uploads/2022/12/PAC\\_Guide\\_EN\\_User-Guide.pdf](https://pdfua.foundation/wp-content/uploads/2022/12/PAC_Guide_EN_User-Guide.pdf)>. Citado 4 vezes nas páginas 32, 35, 36 e 37.

PDF/UA Foundation. *PAC 2021 - O Verificador de Acessibilidade PDF Gratuito*. 2023. Disponível em: <<https://pdfua.foundation/en/pdf-accessibility-checker-pac/>>. Citado na página 33.

TIWARI, A. *What is a tagged PDF? A Layman's guide to tagged PDFS*. 2020. Disponível em: <<https://commonlook.com/what-is-a-tagged-pdf-definition-meaning-explanation/>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

TRINDADE, S. S. *Acessibilidade em documentos digitais: criação de vídeos tutoriais para auxiliar profissionais que trabalham com adaptação de conteúdo digital*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 30, 31 e 45.

TURRÓ, M. R. Are pdf documents accessible? *Information Technology and Libraries*, v. 27, n. 3, p. 25–43, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

UFOP. *RESOLUÇÃO CEPE N° 8.042*. 2020. Disponível em: <<https://ufop.br/sites/default/files/cepe8042.pdf>>. Citado na página 15.

W3C, B. *Cartilha de Acessibilidade na Web*. 2023. Disponível em: <<https://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.html>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 25 e 29.

WCAG. *Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web WCAG 2.1*. 2018. Disponível em: <<https://www.w3c.br/traducoes/wcag/wcag21-pt-BR/#requirements-for-wcag-2-1>>. Citado na página 25.

WCAG-2.0. *PDF Techniques for WCAG 2.0*. 2016. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG20-TECHS/pdf#PDF1>>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 26.

WHO, W. H. O. *Assistive technology*. 2023. Disponível em: <[https://www.who.int/health-topics/assistive-technology#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/assistive-technology#tab=tab_1)>. Citado na página 28.

WILLIAMS, G. F. *A Guide to Understanding What Makes a Typeface Accessible*. 2020. Disponível em: <<https://medium.com/the-readability-group/a-guide-to-understanding-what-makes-a-typeface-accessible-and-how-to-make-informed-decisions-9e5>>. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.

WTKOLLEN; EIII. *ASES - Avaliador e Simulador de Acessibilidade em Sítios*. 2021. Disponível em: <<http://checkers.eiii.eu/>>. Citado na página 35.

# Anexos

## ANEXO A – Outros materiais



UFOP

# Tomada de Decisão e Gestão do Conhecimento - Aula 03



Prof<sup>a</sup> Janniele Aparecida Soares Araujo

CSI462 - Sistemas de Apoio à Decisão



- **Uma das principais contribuições dos SI é a melhora da tomada de decisão.**
  - O que significa para uma empresa estar apta a tomar melhores decisões?
  - Qual o valor monetário do aperfeiçoamento da tomada de decisão?



- **Valor empresarial do aperfeiçoamento da tomada de decisão**

Decisão	Tomador de decisão	Número de decisões anuais	Valor estimado, para a empresa, de cada decisão aperfeiçoada (\$)	Valor anual (\$)
Direcionar o atendimento aos clientes mais valiosos	Gerente de contas	12	100.000	1.200.000
Prever a demanda diária do call center	Gestão do call center	4	150.000	600.00
Decidir níveis diários de estoque de peças	Gerente de estoque	365	5.000	1.825.000
Identificar ofertas competitivas dos principais fornecedores	Gerente sênior	1	2.000.000	2.000.000
Programar a produção para atender a pedidos	Gerente de produção	150	10.000	1.500.000



## Tipos de Decisão



- **Decisão não-estruturada**
  - Incerteza, importante, não-rotineira e baseada em bom-senso.
- **Decisão estruturada**
  - Repetitiva, rotineira
- **Decisão semiestruturada**
  - Reúne características estruturadas e não-estruturadas e apenas parte do problema tem resposta a clara.



# Características da Decisão



- **Decisão não-estruturada**
  - Decidir a entrada ou saída dos mercados
  - Aprovar o orçamento de capital
  - Decidir metas a longo prazo
- **Decisão estruturada**
  - Determinar a elegibilidade de horas extras
  - Repor estoque
  - Conceder créditos aos clientes
  - Determinar ofertas especiais para os clientes
- **Decisão semiestruturada**
  - Formular planos de marketing
  - Desenvolver um orçamento departamental
  - Projetar um novo site corporativo



## Processo de Tomada de Decisão



- **Inteligência**
  - Identificar o problema/ necessidade e seu efeito
- **Concepção**
  - Elaborar possíveis soluções
- **Seleção**
  - Escolher uma solução
- **Implementação**
  - Executar a alternativa de solução



- **É avaliada sobre as seguintes dimensões**

<b>Dimensão</b>	<b>Descrição</b>
Precisão	A decisão reflete a realidade
Abrangência	A decisão considera todos os fatos e circunstância
Imparcialidade	A decisão reflete fielmente os interesses das partes envolvidas
Velocidade	A tomada de decisão é rápida
Coerência	A decisão reflete um processo racional
Obediência	A decisão é resultado de um processo conhecido e pode-se recorrer a autoridade superior



## Sistemas de apoio à decisão (SAD)



- **Sistemas que não só fornecem informações para a tomada de decisões, mas também são capazes de contribuir e influenciar o processo.**
  - Deve fornecer e analisar alternativas, pesquisar históricos de decisões e auxiliar na resolução de problemas semiestruturados e não estruturados.

- Componentes de um Sistema de Apoio à Decisão



## • Análise de Sensibilidade

- Objetivo é avaliar cenários do tipo "se-então" repetidamente para determinar o impacto sobre resultados causado pela mudança de um ou mais fatores.
- O que acontecerá ao ponto de equilíbrio se o preço de venda e o custo de fabricação de uma unidade aumentarem ou diminuirão?

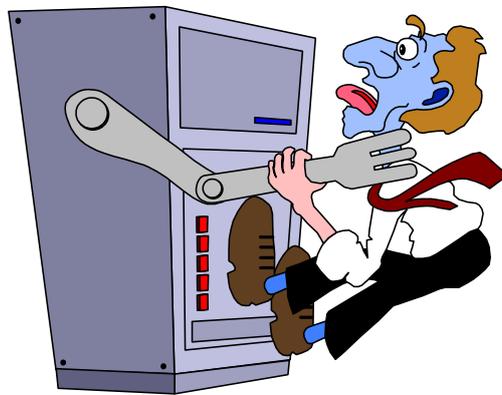
Total dos custos fixos	19.000
Custo variável por unidade	3
Preço médio de venda	17
Margem de contribuição	14
Ponto de equilíbrio	1.357

Vendas	Preço	Custo variável por unidade				
		2	3	4	5	
1.357	14	1.583	1.727	1.900	2.111	
	15	1.462	1.583	1.727	1.900	
	16	1.357	1.462	1.583	1.727	
	17	1.267	1.357	1.462	1.583	
	18	1.188	1.267	1.357	1.462	

Mudança no preço de venda de uma gravata e do custo por unidade sobre o ponto de equilíbrio. Fonte Laudon e Laudon (2011)

# Agentes Inteligentes

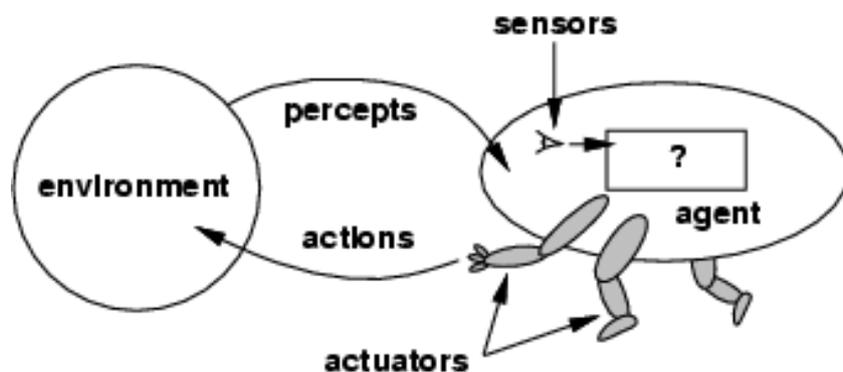
Capítulo 2 – Russell & Norvig



CSI457 - DECSI/UFOP

# Agentes

- Um **agente** é algo capaz de perceber seu **ambiente** por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por meio de **atuadores**.



# Exemplos

- **Agente humano**
  - Sensores: Olhos, ouvidos e outros órgãos.
  - Atuadores: Mãos, pernas, boca e outras partes do corpo.
- **Agente robótico**
  - Sensores: câmeras e detectores de infravermelho.
  - Atuadores: vários motores.
- **Agente de software**
  - Sensores: entrada do teclado, conteúdo de arquivos e pacotes vindos da rede.
  - Atuadores: tela, disco, envio de pacotes pela rede.

## Mapeando percepções em ações

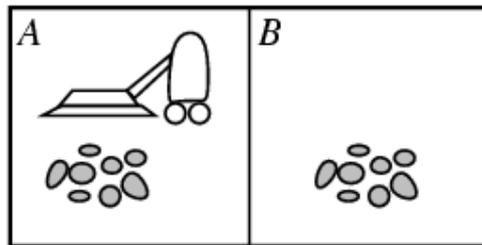
- Sequência de percepções: história completa de tudo que o agente percebeu.
- O comportamento do agente é dado abstratamente pela **função do agente**:

$$[f: P^* \rightarrow A]$$

onde  $P^*$  é uma sequência de percepções e  $A$  é uma ação.

- O **programa do agente** roda em uma arquitetura física para produzir  $f$ .
- ***Agente = arquitetura + programa.***

## Exemplo: O mundo do aspirador de pó



- Percepções: local e conteúdo
  - Exemplo: [A, sujo]
- Ações: Esquerda, Direita, Aspirar, Nada.

# Uma função para o agente aspirador de pó

Sequência de Percepções	Ação
[A, Limpo]	Direita
[A, Sujo]	Aspirar
[B, Limpo]	Esquerda
[B, Sujo]	Aspirar
[A, Limpo], [A, Limpo]	Direita
[A, Limpo], [A, Sujo]	Aspirar
...	
[A, Limpo], [A, Limpo], [A, Limpo]	Direita
[A, Limpo], [A, Limpo], [A, Sujo]	Aspirar
...	

**Programa:** Se o quadrado atual estiver sujo, então aspirar, caso contrário mover para o outro lado.

# Agentes Racionais

- Como preencher corretamente a tabela de ações do agente para cada situação?
- O agente deve tomar a ação “correta” baseado no que ele percebe para ter sucesso.
  - O conceito de sucesso do agente depende uma **medida de desempenho** objetiva.
    - Exemplos: quantidade de sujeira aspirada, gasto de energia, gasto de tempo, quantidade de barulho gerado, etc.
  - A medida de desempenho deve refletir o resultado realmente desejado. ***Alguns agentes podem ter mais de um objetivo.***

# Agentes Racionais

- Agente racional: para cada sequência de percepções possíveis deve selecionar uma ação que se espera venha a maximizar sua medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente.

# Agentes Racionais

- Racionalidade é diferente de onisciência ou perfeição.
  - A racionalidade maximiza o desempenho esperado, enquanto a perfeição maximiza o desempenho real.
  - A escolha racional só depende das percepções até o momento.
- Mas os agentes podem (e devem!) executar ações para coleta de informações.
  - Um tipo importante de coleta de informação é a exploração de um ambiente desconhecido.
- O agente também pode (e deve!) aprender, ou seja, modificar seu comportamento dependendo do que ele percebe ao longo do tempo.
  - Nesse caso o agente é chamado de autônomo.
  - Um agente que aprende pode ter sucesso em uma ampla variedade de ambientes.

# PEAS

- Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o ambiente de tarefa.
  - **P**erformance = Medida de Desempenho
  - **E**nvironment = Ambiente
  - **A**ctuators = Atuadores
  - **S**ensors = Sensores



UFOP

Universidade Federal  
de Ouro Preto



DEPARTAMENTO DE  
COMPUTAÇÃO E SISTEMAS

# CSI442 – Banco de Dados II

Bruno Rabello Monteiro



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto



DEPARTAMENTO DE  
COMPUTAÇÃO E SISTEMAS

# Controle de Concorrência

Aula 13

# Conteúdo

- Introdução
- Bloqueio Binário e Leitura/Escrita
- Bloqueio em Duas Fases
  - Variações do Bloqueio em Duas Fases
  - *Deadlock* e Inanição

# Introdução

- Controle de concorrência visa garantir a propriedade de **isolamento**
  - Protocolos usados garantem a serialização dos *schedules* de transações
- Utilizam bloqueios, rótulos de tempo e/ou versões distintas dos itens de dados

## Bloqueio em Duas Fases

- Cada item de dados do BD possui uma variável associada
  - Descreve o *status* do item
  - Cada item de dados possui seu próprio bloqueio
- Bloqueios permitem a execução de transações concorrentes no SGBD

# Bloqueio Binário

- Protocolo mais simples
  - Mais restritivo
  - Sem aplicação prática
- Variável associada pode assumir os estados
  - Bloqueado (1) ou Desbloqueado (0)
    - Indicado por `lock_item(x)`

# Bloqueio Binário

- Antes de acessar um item de dados  $X$ , a transação  $T$  deve
  - $\text{lock\_item}(X)$ 
    - Se  $\text{lock\_item}(X) = 1$ ,  $T$  deve aguardar.
- Após usar o item  $X$ 
  - $\text{unlock\_item}(X) \Leftrightarrow \text{lock\_item}(X) = 0$

# Bloqueio Binário

- Regras para cada transação  $T$ 
  1.  $T$  deve executar um `lock_item(X)` antes de fazer `read_item(X)` ou `write_item(X)`
  2.  $T$  deve executar `unlock_item(X)` após usar o item de dados  $X$
  3. Não pode bloquear um item já bloqueado
  4. Só pode desbloquear itens que tenham sido bloqueados por ela mesma

# Bloqueio Binário

- Operações de bloqueio devem ser atômicas

**lock\_item(X):**

**B:** se  $LOCK(X) = 0$   
faça  $LOCK(X) = 1$   
senão  
**início**  
aguarde até  $LOCK(X) = 0$   
retorne à **B**  
**fim;**

**unlock\_item(X):**

$LOCK(X) = 0$   
se alguma transação estiver esperando  
faça 'acordar transações em espera';

# Bloqueio Binário

- Bloqueio pode ser representado por
  - Registro = <item\_de\_dados, LOCK, T>
    - Apenas para os itens bloqueados
  - Lista com as transações em espera
- SGBD possui um subsistema de gerenciamento de bloqueios

# CEA0006 - Cálculo Diferencial e integral III

Prof. Marcos Goulart Lima

UFOP

24 de outubro de 2019,

# Aula 20

## Aplicações



- a Encontre o vetor velocidade  $v$  e mostre que  $v \cdot r = 0$ . Conclua que  $v$  é tangente ao círculo e tem sentido igual ao do movimento.
- b Mostre que a velocidade  $|v|$  da partícula é a constante  $\omega R$ . O período  $T$  da partícula é o tempo requerido para uma volta completa. Conclua que
- $$T = \frac{2\pi R}{|v|} = \frac{2\pi}{\omega}.$$
- c Encontre o vetor aceleração  $a$ . Mostre que ele é proporcional a  $r$  e que aponta para a origem. Uma aceleração com essa propriedade é chamada aceleração centrípeta. Mostre que o módulo do vetor aceleração é  $|a| = R\omega^2$ .
- d Suponha que a partícula tenha uma massa  $m$ . Mostre que a magnitude da força  $F$  que é necessária para produzir esse movimento, denominada força centrípeta, é  $F = \frac{m|v|^2}{R}$

2 - A Lei da Gravitação de Newton afirma que a intensidade da força gravitacional entre dois objetos com massas  $m$  e  $M$  é

$$|F| = \frac{mMG}{r^2}.$$

onde  $r$  é a distância entre os objetos e  $G$  é a constante gravitacional ( $G = 6,6741 \times 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$ ).

Vamos supor que o objeto com massa  $M$  esteja localizado na origem em  $\mathbb{R}^3$ . (Por exemplo,  $M$  pode ser a massa da Terra e a origem estaria em seu centro.) Seja o vetor posição do objeto com massa  $m$ ,  $\vec{x} = (x, y, z)$ . Então  $r = |\vec{x}|$ , logo,  $r^2 = |\vec{x}|^2$ . A força gravitacional exercida nesse segundo objeto age em direção à origem e o vetor unitário em sua direção é

$$-\frac{\vec{x}}{|\vec{x}|}.$$

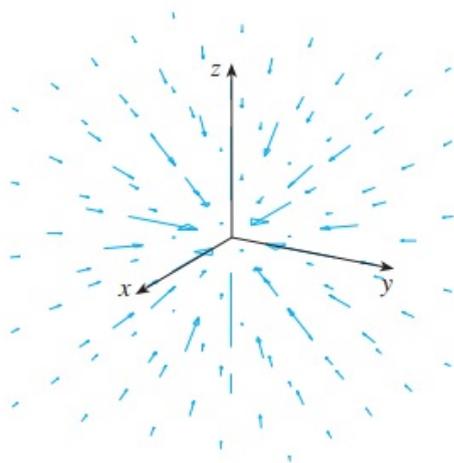
Portanto, a força gravitacional agindo no objeto em  $\vec{x} = (x, y, z)$  é

$$F(\vec{x}) = -\frac{mMG}{r^2}\vec{x}.$$

A função dada pela equação anterior é um exemplo de campo vetorial, chamado campo gravitacional, porque associa um vetor [a força  $F(x)$ ] a cada ponto  $x$  do espaço. A Fórmula 3 é um modo compacto de escrever o campo gravitacional, mas podemos escrevê-lo como campo vetorial, usando o fato de que  $|x| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  :

$$F(x, y, z) = \left( \frac{-mMGx}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}, \frac{-mMGy}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}, \frac{-mMGz}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

O campo gravitacional  $F$  está ilustrado a seguir





A Lei de Ampère relaciona a corrente elétrica ao campo magnético criado e afirma que

$$\int_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{r} = \mu_0 I.$$

onde  $I$  é a corrente total que passa por qualquer superfície limitada por uma curva fechada  $C$ , e  $\mu_0$  é uma constante chamada permeabilidade no vácuo. Tomando  $C$  como um círculo de raio  $r$ , mostre que o módulo  $B = |\mathbf{B}|$  do campo magnético a uma distância  $r$  do centro do fio é dado por

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}.$$

4 - Vamos aplicar as ideias de integral de linha de campos vetoriais a um campo de força contínuo  $F$  que move um objeto ao longo de um caminho  $C$  dado por  $r(t)$ ,  $a \leq t \leq b$ , onde  $r(a) = A$  é o ponto inicial e  $r(b) = B$  é o ponto terminal de  $C$ . De acordo com a Segunda Lei do Movimento de Newton, a força  $F(r(t))$  a um ponto em  $C$  está relacionada com a aceleração  $a(t) = r''(t)$  pela a equação

$$F(r(t)) = mr''(t).$$

# ANALYSIS

Bruno P. dos Santos

Algorithms and Data Structures

*bruno.ps@ufop.edu.br*

Lectures are based courses from MIT, AEDS II UFMG, ED UFBA, ED Unicamp, PAA UESC,  
and my knowledge about the subject.

# CONTENT

① ANALYSIS

② HOME WORK

# CONTENT

① ANALYSIS

② HOME WORK

The best, average, and worst cases.

## BEST AND WORST CASES

Consider the following computational problem:

### SUM PROBLEM

Given a sequence of number, indicate the sum of them.

- Design an algorithm to solve this problem
- Is it correct?
- Does the efficiency depends on the input?

## BEST AND WORST CASES

Consider the following computational problem:

### SUM PROBLEM

Given a sequence of number, indicate the sum of them.

- Design an algorithm to solve this problem
- Is it correct?
- Does the efficiency depends on the input?

## BEST AND WORST CASES

Consider the following computational problem:

### SUM PROBLEM

Given a sequence of number, indicate the sum of them.

- Design an algorithm to solve this problem
- **Is it correct?**
- Does the efficiency depends on the input?

## BEST AND WORST CASES

Consider the following computational problem:

### SUM PROBLEM

Given a sequence of number, indicate the sum of them.

- Design an algorithm to solve this problem
- Is it correct?
- Does the efficiency depends on the input?

# BEST AND WORST CASES

Proposal:

## SUM PROBLEM

**Algorithm** sum(A)

1.  $sum \leftarrow 0$
2. **for**  $i \leftarrow 1$  **to** A.length
3.      $sum \leftarrow sum + A[i]$
4. **return** sum

- **Loop invariant:** before the first iteration  $i$ , the variable sum contains the sum of  $A[1..i - 1]$  elements.
  - Is the algorithm correct?
- **Best case:**  $\Theta(n)$  (Why?)
- **Worst case:**  $\Theta(n)$  (It can be the same?)

# BEST AND WORST CASES

Proposal:

## SUM PROBLEM

**Algorithm** sum(A)

1.  $sum \leftarrow 0$
2. **for**  $i \leftarrow 1$  **to** A.length
3.      $sum \leftarrow sum + A[i]$
4. **return** sum

- **Loop invariant:** before the first iteration  $i$ , the variable sum contains the sum of  $A[1..i - 1]$  elements.
  - Is the algorithm correct?
- **Best case:**  $\Theta(n)$  (Why?)
- **Worst case:**  $\Theta(n)$  (It can be the same?)