



VICTOR HENRIQUE SILVA AVELAR

**ANÁLISE QUALITATIVA DOS LEITORES DE TELA
DOSVOX E NVDA COMO POSSÍVEIS FERRAMENTAS PARA
LEITURA DE FÓRMULAS MATEMÁTICAS
PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.**

LAVRAS – MG

2022

VICTOR HENRIQUE SILVA AVELAR

**ANÁLISE QUALITATIVA DE LEITORES DE TELA DOSVOX E NVDA COMO
POSSÍVEIS FERRAMENTAS PARA LEITURA DE FÓRMULAS MATEMÁTICAS
PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Matemática, para a obtenção do título de Licenciado.

Prof (a). Dr (a). Evelise Roman Corbalan Góis Freire
Orientador (a)
Prof (a). Dr (a). André Pimenta Freire
Coorientador (a)

**LAVRAS – MG
2022**

VICTOR HENRIQUE SILVA AVELAR

**ANÁLISE QUALITATIVA DE LEITORES DE TELA DOSVOX E NVDA COMO
POSSÍVEIS FERRAMENTAS PARA LEITURA DE FÓRMULAS MATEMÁTICAS
PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Matemática, para a obtenção do título de Licenciado.

APROVADA em 13 de setembro de 2022

Dr (a). Evelise Roman Corbalan Góis Freire.

Dr (a). André Pimenta Freire.

Dr (a). Helena Libardi.

Prof (a). Dr (a). Evelise Roman Corbalan Góis Freire
Orientador (a)

Prof (a). Dr (a). André Pimenta Freire
Coorientador (a)

LAVRAS – MG

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir tudo de bom e melhor que aconteceu em minha vida profissional e acadêmica.

Agradeço a professora Evelise pelo incentivo e suporte que me proporcionou durante a escrita dessa monografia.

Agradeço aos meus pais e meus irmão pelo companheirismo, incentivo e apoio, dedico a vocês mais vitória na minha vida.

Agradeço à minha namorada, que incessantemente ficou ao meu lado me dando apoio, muito carinho e paciência, também pelo companheirismo.

Resumo

O processo de ensino aprendizagem da disciplina de Matemática é considerado desafiador no senso comum de estudantes do ensino básico e superior, o que se intensifica para o caso em que estudantes têm algum tipo de deficiência. No caso de estudantes com deficiência visual, é indispensável que haja adaptações em relação a seu acesso aos conteúdos matemáticos, tanto utilizando recursos manipulativos, quanto recursos computacionais. É importante que todos e todas estudantes integrantes do grupo participem, cooperem e se integrem ao ambiente escolar. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho de dois sistemas leitores de fórmulas matemáticas. O primeiro sistema é um software livre, denominado NVDA, que utiliza a linguagem MathML, e desenvolvida pelo consórcio internacional World Wide Web (W3C). O segundo sistema é o SonoraMat, desenvolvido pelo grupo de pesquisa NCE/UFRJ, que utiliza a linguagem AsciiMath para a escrita e leitura de fórmulas matemáticas, sendo ele quando executado apresenta uma forma de interação com o Dosvox. Para comparar a eficiência dos leitores de tela em questão, foi criado um arquivo composto por sete fórmulas que abrangiam os seguintes conceitos matemáticos: função do 1º grau, função do 2º grau, função trigonométrica, função logarítmica, limite de uma função, derivada de uma função e integral de uma função. Para isso, foram realizadas quatro etapas: criação dos formulários compostos por formulações algébricas diversificadas, a testagem das leituras utilizando os sistemas, a transcrição das leituras separadamente e, por último, a análise qualitativa dos dados das leituras. Com isso, concluímos, utilizando o leitor de tela DOSVOX, que foi possível perceber uma interface de mais fácil de manipulação, a disponibilização de uma aba de exemplos de equações matemáticas contendo todas as variações algébricas citadas acima, a possibilidades em alternância das vozes robotizadas da ferramenta em dois idiomas (português e inglês), contendo também um regulador de volume, regulador de velocidade e de altura. Já a ferramenta NVDA é bem mais complexa, pois a leitura de equações matemáticas é realizada uma reformulação em linguagem de marcação MathML e ainda não possui tradução da leitura de maior complexidade que o AsciiMath.

Palavras-chave: Deficiência visual; Inclusão; Álgebra; NVDA; SonoraMat.

Abstract

The teaching-learning process of mathematics is considered challenging in the common sense of basic and higher education students, which is intensified for the case in which students have some kind of disability. In the case of visually impaired students, it is essential that there are adaptations in relation to their access to mathematical content, both using manipulative resources and computer resources. It is important that all students in the group participate, cooperate, and integrate themselves into the school environment. In this context, this work aimed to evaluate the performance of two mathematical formula reader systems. The first system is a free software called NVDA, which uses the MathML language, developed by the international consortium World Wide Web (W3C). The second system is SonoraMat, developed by the NCE/UFRJ research group, which uses the AsciiMath language for writing and reading mathematical formulas. To compare the efficiency of the screen readers in question, we created a file composed of seven formulas that covered the following mathematical concepts: 1st degree function, 2nd degree function, trigonometric function, logarithmic function, limit of a function, derivative of a function, and integral of a function. To do this, four steps were performed: creation of the forms composed of diversified algebraic formulations, testing of the readings using the systems, transcription of the readings separately, and finally, qualitative analysis of the data from the readings. With this, we concluded, using the DOSVOX screen reader, that it was possible to perceive an interface that is easier to manipulate, the availability of a tab of examples of mathematical equations containing all the algebraic variations mentioned above, the possibilities in alternating the robot voices of the tool in two languages (Portuguese and English), also containing a volume regulator, speed regulator and height regulator. The NVDA tool, on the other hand, is much more complex, since the reading of mathematical equations is performed a reformulation in MathML markup language and still does not have a translation of the reading of greater complexity than AsciiMath.

Keywords: Visual Impairment; Inclusion; Algebra; NVDA; SonoraMat.

Índices de Figuras.

| | |
|--|-----------|
| Figura 3.1 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta SonoraMat | 22 |
| Figura 3.2 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta MathML | 22 |
| Figura 3.3 - Teste da equação com notação de derivada na ferramenta SonoraMat | 23 |
| Figura 3.4 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta MathML | 23 |
| Figura 4.1 - Interface da ferramenta SonoraMat | 26 |
| Figura 4.2 - Interface da barra de ferramentas em linguagem MathML | 26 |
| Figura 4.3 - Aba de configuração geral do Software NVDA | 27 |
| Figura 4.4 - Aba de configuração de fala do Software NVDA | 28 |

Índices de tabelas

| | |
|---|-----------|
| Tabela 3.1 - Equações escolhidas para coleta de dados | 21 |
| Tabela 4.1 - Conteúdo matemático e comparativo de escrita nas ferramentas MathML e SonoraMat | 29 |
| Tabela 4.2 - Comparativo de transcrição através das ferramentas SonoraMat e NVDA | 30 |
| Tabela 4.3 - Tradução direta da transcrição executada pelo NVDA feita pelo autor | 30 |

Abreviaturas e Acrónimos

| | |
|---------------|------------------------------------|
| HTML | <i>HyperText Markup Language.</i> |
| MathML | MAthematical Markup Language; |
| NVDA | NonVisual Desktop Access |
| URL | <i>Universal Resource Locator;</i> |
| XML | <i>eXtensible Markup Language;</i> |
| W3C | <i>World Wide Web Consortium</i> |
| WAT | <i>Web Adaptation Technology</i> |

Sumário

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO. | 11 |
| CAPÍTULO 2. REVISÃO DE LITERATURA. | 16 |
| 2.1 Como funciona a navegação dos leitores de tela. | 18 |
| 2.2 Softwares leitores de tela e de apoio para inclusão de pessoas com deficiência visual. | 18 |
| 2.3 MathML – Mathematical Markup Language e o Leitor de Tela NVDA. | 20 |
| 2.4 SonoraMat integrado ao DOSVOX e a linguagem AsciiMath. | 21 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGIA. | 23 |
| 3.1 Passo a passo da instalação do DOSVOX e do NVDA. | 24 |
| 3.2 Coleta dos dados utilizando os leitores de tela DOSVOX e NVDA. | 24 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS. | 28 |
| 4.1.1 Instalação do SonoraMat integrado ao Dosvox. | 28 |
| 4.1.2 Instalação do Editor em MathML. | 30 |
| 4.2 Comparação entre as transcrições. | 32 |
| 4.3 Categorias de Análise. | 35 |
| 4.3.1 Sobre as dificuldades de instalação do SonoraMat e o NVDA. | 35 |
| 4.3.2 Prós e contras referente ao manuseio dos software | 37 |
| 4.3.3 Ajustes e controles para melhoramento da leitura nos softwares. | 38 |
| 4.3.4 Qualidade das leituras e sua influência na interpretação das fórmulas. | 39 |
| ANEXO I – DOWNLOAD E INSTALAÇÃO DO DOSVOX. | 45 |
| ANEXO II – DOWNLOAD E INSTALAÇÃO DO NVDA. | 50 |
| ANEXO III – SIMBOLOGIAS E EXPRESSÕES USADAS EM ASCIIMATH. | 53 |

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.

Quando cursava o ensino regular, não tive a experiência em estudar com colegas de classe com deficiência visual, física, auditiva, comprometimento mental ou também superdotados. Por não ter esse convívio nas escolas por onde passei, tinha em mente que os estudantes com suas particularidades estudavam em escolas que tinham apoio especial. Até então, somente ouvi falar que em minha cidade no sul de Minas Gerais havia uma instituição específica para atendimentos desses alunos, a Associações dos Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE).

Quando ingressei na Universidade Federal de Lavras e estava matriculado em uma disciplina eletiva que abrangia o assunto a inclusão na educação básica, foi que comecei a entender que todo ser humano, independentemente de ser pessoa com deficiência ou não, tem o direito de estudar nas escolas regulares, inclusivas e com uma educação de qualidade. Segundo a Declaração de Salamanca (1994), o ensino inclusivo é um processo de educação que envolve todos os estudantes, incluindo os estudantes com deficiência, no qual todos têm o direito de estudar juntos, com idade adequada e em escola de ensino regular. As condições e adequações necessárias para atender esses estudantes devem ser garantidas.

Através desse processo de formação em professor de matemática, tendo em mente a educação inclusiva, comecei a me interessar cada vez mais em me tornar um professor que esteja preparado e que esteja apto para utilizar metodologias que facilitarão a aprendizagem dos estudantes em uma aula de matemática, sejam pessoas com deficiência ou não.

Os estudos e os debates sobre a aplicação de um ensino efetivamente inclusivo vêm crescendo positivamente no Brasil. No que diz respeito ao ensino de matemática para estudantes com deficiência visual, vários grupos de estudos vêm trabalhando forte em metodologias, materiais manipulativos (jogos adaptados para alunos com deficiência, documentos em braille e ferramentas computacionais), que auxiliam os alunos para podermos alcançar um ensino ideal em nosso país. Porém, ainda há ausência de respaldo institucional e a falta de preparo dos professores é reflexo muita das vezes da carência do comprometimento do governo em relação ao suporte aos professores em ter uma formação continuada e se adaptarem a novos métodos de ensino. Sabemos que não é fácil abranger as diversidades das pessoas, como nos diz o relato de Mantoan (2005):

Inclusão é a nossa capacidade de entender e reconhecer o outro e, assim, ter o privilégio de conviver e compartilhar com pessoas diferentes de nós. A educação inclusiva acolhe todas as pessoas, sem exceção. É para o estudante

com deficiência física, para os que têm comprometimento mental, para os superdotados, para todas as minorias e para a criança que é discriminada por qualquer outro motivo (MANTOAN, 2005, p.1).

Quando tratamos sobre o ensino de matemática em geral, os estudantes que não possuem deficiência também encontram dificuldades em acompanhar adequadamente conteúdos de matemática. Tais motivos estão relacionados a fatores que interferem no desenvolvimento e na aprendizagem, como adaptação dos materiais didáticos, o apresto do professor (preparação de materiais, provisão de materiais e outros) e a utilização de uma metodologia exclusiva que na maioria das vezes trazem um conteúdo pronto e acabado, não dando a oportunidade do questionamento por parte dos estudantes.

De acordo com Kremer (2010, p.03):

Não somente o objetivo de se aprender matemática, mas a maneira como isso ocorre são assaz importantes para as melhorias nos resultados. E essa maneira de como se aprende matemática é outro assunto em pouco domínio entre os professores, inclusive os professores de matemática. Sabendo o professor de todas as suas atribuições, o processo ensino aprendizagem torna-se mais favorável e consistente no aprendizado.

Em particular, para o caso de estudantes com deficiência visual, é indispensável que haja adaptações em relação a seu acesso aos conteúdos matemáticos. Vygotsky (1994) afirma que o trabalho em sala de aula ganha um novo significado quando é feito de maneira coletiva, pois é através do contato com o mundo exterior, da colaboração e da interação, que a função psicológica pode ser desenvolvida e posteriormente considerada interna. Assim, somente exercícios táteis individuais não seriam suficientes para a estruturação do conceito necessário para o aprendizado de estudantes com deficiência visual. É importante que estudantes sejam integrantes do grupo, participem, cooperem e se integrem efetivamente ao ambiente escolar.

Nunes (2001) afirma que o tato para estudantes com deficiência visual é um dos sentidos primários e mais importante para seu processo de aprendizagem. Porém, deve-se também estimular a audição, o olfato e o paladar quando se tiver a oportunidade de usá-los. Os softwares e outros recursos computacionais fazem com que estudantes sejam mais instigados a buscarem pelo próprio conhecimento com mais autonomia e professores tendo um papel muito importante como na mediação.

Estudando vários artigos e dissertações que trazem a perspectiva de uma educação inclusiva com novas metodologias, seja nas escolas ou como cidadãos, professores

desempenham um papel fundamental na formação dos alunos para que possam participar plenamente na sociedade do conhecimento.

Morin (2001) salienta que os professores devem atuar de forma independente; Freire (2015), que devem ser ativos e significativos, portanto, rompendo assim os muros que muitas vezes as escolas constroem (Rodrigues, 2017).

Esclarece Batista (2005, p. 07-15), as pessoas com deficiência visual, através dos métodos tangíveis e sonoros, podem entender conceitos matemáticos. Então, com esses conceitos em mente, podem desenvolver um senso de espaço para projetar, medir, visualizar, comparar, classificar e transverter gráficos e funções matemáticas. Portanto, docentes podem criar e utilizar recursos para ajudar o ensino de matemática, por exemplo, no ensino de geometria, através da visualização e de materiais específicos, muitos materiais manipulativos e métodos exploram funções táteis para obter conhecimento a partir da interpretação gráfica de funções e figuras geométricas.

Em seus estudos, Galperin (2009a), observou diferentes graus de formação de conceitos por parte dos discentes. O autor chega a citar que alguns alunos conseguem realizar a ação mentalmente, outros a expressam na oralidade e outros ainda utilizam o objeto ou sua representação.

No projeto de Shimazaki, Silva e Viginheski (2019), foi utilizado jogo de tabuleiro com caráter pedagógico, construídos adequadamente para que os alunos com deficiência visual conseguissem mexer e entender como o material funcionava. A atividade que a professora da turma propôs para os alunos foi que jogassem o jogo “Prenda o Rei”, no qual a atividade tinha o propósito de motivar os estudantes para a aprendizagem, explorando os conceitos de perímetro e área e, mais adiante, o desenvolvimento dos produtos notáveis de quadrado da soma, quadrado da diferença e produto da soma pela diferença.

Barroqueiro (2012) esclarece que os estudantes que constituem uma sala de aula hoje são alunos nativos digitais. Os estudantes ficam interessados e estimulados quando o professor/mediador utiliza como estratégia de aprendizagem o jogo, seja ele digital ou de baixa tecnologia, e também se os professores formularem problemas do cotidiano pode conseguir mais a atenção deles, a partir dos problemas propostos pelo docente, introduzindo alterações consideráveis. Infelizmente, existem alguns fatores que impedem de termos uma educação consideravelmente adequada para o desenvolvimento cognitivo e intelectual do aluno.

Ferreira e Freitas (2006) argumentam que ainda é bem limitado o acesso dos estudantes em geral às ferramentas tecnológicas e também existem poucas publicações técnicas em formato áudio que exclusivamente atenderem as necessidades dos estudantes com deficiência visual.

Com os avanços que a tecnologia vem apresentando, é muito propício que nós, futuros professores e professoras de Matemática, acompanhem este desenvolvimento. Os serviços online Hootsuite e We Are Social divulgaram nos últimos relatórios em 2018 que, no Brasil, 66 % da população tem acesso à internet e isso é um ponto muito positivo para nosso país em questão de avanço educacional. Com isso, temos um melhor aproveitamento em acesso a conteúdo das disciplinas, estudantes têm oportunidades de ampliar seus conceitos manuseando ferramentas que utilizam a tecnologia de áudio, que têm o papel de ler os conteúdos matemáticos que estão presentes na tela do dispositivo. Certamente é um grande auxílio na construção dos conhecimentos de estudantes com deficiência visual/baixa visão nas disciplinas das ciências exatas, principalmente considerando as ferramentas de leitura de telas. Tais ferramentas, como “*screen reader*” (leitor de tela), pela explicação de Sepúlveda e Ferres (2012), permitem a leitura de fórmulas matemáticas que estão nas páginas da web em forma de imagens que são conservadas em um atributo HTML, assim com um texto alternativo é posteriormente apresentado por (*tag alt*). Contudo, procura-se um meio de evitar problemas de linguagem de narração de fórmulas matemática, Ferreira e Freitas (2006) também defendem que “o estudo prosódico da leitura da matemática (“Como ler matemática de forma não ambígua?”); e a implementação de um sistema para tratar os problemas de cognição em expressões longas”. A fim de melhorias, têm surgido estudos sobre a transcrição de HTML para a linguagem MathML (Mathematical Markup Language).

A leitura, compreensão e interpretação da simbologia matemática pode ser um desafio para muitos estudantes. Estabelecer significado entre um problema matemático e a formulação que um modelo exige um processo cognitivo desafiador. Para estudantes com alguma deficiência visual, a notação matemática acaba se tornando uma barreira maior ainda, principalmente quando envolve conceitos mais complexos e menos usuais. É comum que estudantes com deficiência visual utilizem leitores de tela para acompanhar textos. No entanto, nem sempre os leitores de tela estão adequadamente preparados para a leitura da formulação matemática contida nos textos.

O objetivo desse trabalho de conclusão de curso foi trazer para os leitores, professores em ativos em sala de aula, estudantes em formação continuada e em geral todas

as pessoas com deficiência visual, estudos sobre ferramentas leitoras de equações matemáticas, sendo elas as mais acessíveis e que dê aos usuários maior autonomia nos estudos. Posteriormente, será apresentado duas tabelas, uma delas demonstrando como as equações são descritas em cada ferramenta de comparação e a outra tabela demonstrando como são as transcrições das equações narradas pelos softwares NVDA e SonoraMat. Na parte dos resultados serão relatados os pontos positivos e pontos fracos de cada ferramenta leitora de equação matemática e conclusão.

Este presente trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, três anexos e duas tabelas. O Capítulo 1 trata da problemática da monografia despertando interesse em aprofundar em pesquisas na área do ensino inclusivo de matemática para alunos com deficiência física e intelectual. Pretendendo-se encontrar na área da computação e da tecnologia uma ferramenta leitora de funções matemáticas de forma gratuita e acessível, possibilitando que os estudantes com deficiências visuais tenham mais autonomia nos seus estudos. Abrangendo os conteúdos da matemática no ensino regular e na formação continuada.

No Capítulo 2 é realizada com mais critério a pesquisa buscando trabalhos que dão mais ênfase na área da leitura das funções matemáticas. É feita uma breve introdução aos conceitos básicos das opções de leitores de telas e, também, sistemas específicos para uso por pessoas com deficiência visual, levando em consideração as ferramentas que são gratuitas e leem com autonomia as funções contidas no arquivo composto por sete fórmulas que abrangem os seguintes conceitos matemáticos: função do 1º grau, função do 2º grau, função trigonométrica, função logarítmica, limite de uma função, derivada de uma função e integral de uma função.

Com o Capítulo 3 é apresentada a metodologia com a qual serão avaliadas qualitativamente as referidas ferramentas MathML e AsciiMath, de acordo com suas desenvolvimentos nas leituras das equações algébricas. No Capítulo 4 são coletadas as amostras para serem analisadas e comparadas com os critérios estipulados neste capítulo, descrevendo os pontos positivos e negativos, com intuito de poder escolher posteriormente qual ferramenta se adequa mais ao nosso propósito.

No Capítulo 5 é aclamado com as conclusões, no qual agrupamos todas as discussões realizadas no capítulo anterior, estabelecendo limitações e indicações de trabalhos futuros para a possibilidade de novos estudos.

CAPÍTULO 2. REVISÃO DE LITERATURA.

A comunicação, a educação, a distribuição e a partilha de conhecimentos, no mundo da ciência e da comunidade técnica e científica são, geralmente, realizadas por meio de canais diversificados como livros, revistas, artigos, internet e outros de uma forma cada vez mais crescente (FERREIRA; FREITAS, 2006).

Porém, apesar desse amplo e constante acesso à informação eletrônica, existe um grupo considerável de pessoas que possuem necessidades especiais que ainda encontram dificuldades em relação a esse acesso, uma vez que o mesmo é pouco facilitado e, em alguns casos, até mesmo impossibilitado para as mesmas, grupo no qual se incluem os cegos e os amblíopes.

Essa ideia é corroborada por Guedes e Freire (2018) que ressaltam que o uso da tecnologia para o ensino de matemática, seja para o aprendizado, seja para a atuação profissional, ainda necessitam, em algumas áreas de conhecimento, de um cuidado maior, em particular para o uso de conteúdos de Matemática.

Devido à falta de acessibilidade dos documentos com conteúdos matemáticos na Internet para pessoas com necessidades especiais, como os estudantes com deficiência visual e amblíopes no ambiente escolar, foram sendo estabelecidas estratégias de navegação que permitissem com que esse grupo de pessoas tivesse melhores condições de aprendizagem, como é o caso dos leitores de fórmulas.

Segundo Guedes e Freire (2018, p. 01):

O desenvolvimento e aprimoramento de recursos de Tecnologia Assistiva como leitores de tela tem possibilitado a pessoas com deficiência visual uma maior independência no que diz respeito à construção de conhecimento e até mesmo em tarefas triviais do dia a dia.

Aprende-se, assim, que a evolução de recursos tecnológicos tem, de fato, ampliado o acesso à informação para todas as pessoas, entre as quais se incluem as pessoas com deficiência, ampliando, conseqüentemente, o acesso também ao conhecimento.

Segundo (Oliveira, 2002, p.46) os softwares especiais de acessibilidade “são aqueles programas originados a partir das necessidades de uma pessoa com deficiência, elaborados e construídos com a finalidade de viabilizar a interação dela com a máquina”.

Com esses softwares especiais de acessibilidade, ou seja, os leitores de tela, é possível tornar o uso do computador acessível para as pessoas com deficiência visual, aproveitando o seu canal auditivo e suas habilidades táteis.

Guedes e Freitas (2018) salientam a ideia de que o acesso à informação por pessoas que apresentam deficiência visual, para o exercício de suas atividades, algo fundamental e o principal recurso de Tecnologia Assistiva (TA) utilizado por elas é o leitor de tela que consiste em um software que faz a interpretação do conteúdo na tela, disponibilizando-o para o usuário por meio de sintetizador de voz, favorecendo a interação do aluno portador de deficiência com a máquina.

O funcionamento do programa ocorre da seguinte maneira: o programa vai percorrendo textos e imagens, e posteriormente narra em voz alta tudo o que é exposto na tela do computador, como é o caso também, das operações que são digitadas pelos usuários com as teclas alfanuméricas e os comandos apropriados.

Campana (2017, p.58) reforça a ideia expressa acima, ao esclarecer sobre esses programas, definindo os leitores de tela da seguinte maneira: são “recursos tecnológicos que identificam textos na tela do computador (ou outro dispositivo eletrônico) e apresenta tal conteúdo ao usuário através de comando de voz”.

O que se pode perceber em relação ao surgimento dos softwares denominados leitores de tela é que a finalidade básica apresentada por eles, assim como o seu principal objetivo é o de oferecer e, sobretudo, facilitar o acesso de pessoas com deficiência visual aos recursos computacionais.

No entanto, devido à complexidade das notações matemáticas, com diferentes significados e contextos, bem como sua natureza abstrata (o que torna a matemática uma ciência que apresenta desafios para a sua compreensão), a utilização desses recursos ainda é um desafio para os usuários com deficiência visual, além da existência limitada de recursos interativos que possam dar suporte a estratégias de leitura e navegação para este tipo de conteúdo na Web (GUEDES; FREIRE, 2018).

Mesmo com o avanço tecnológico e disponibilização de diversos materiais em vias digitais com possibilidade de leitura por meio do uso de leitores de tela, algumas barreiras persistem em relação ao acesso de pessoas com deficiência a estas, de forma ainda mais sensível em conteúdo específicos, como a matemática, o que é causa de problema para os usuários desses sistemas. No caso da leitura de conteúdos matemáticos realizada por meio de leitores de tela algumas das dificuldades encontradas são: ambiguidade, compreensão de fórmulas longas e identificação de elementos específicos, além do fato de serem poucos os leitores de tela que oferecem suporte à leitura deste tipo de conteúdo (FERREIRA; FREITAS, 2006), principalmente em língua portuguesa.

2.1 Como funciona a navegação dos leitores de tela.

A navegação por leitores de tela funciona, essencialmente, através de três formas diferentes que são especificadas por Teixeira (2015):

I – Lendo toda a página.

II – Lendo os links (navegação com a tecla Tab.).

III – Lendo os cabeçalhos (navegação com a tecla h).

A partir desses três comandos principais, é possível ao usuário se guiar pela estrutura da página ao mesmo tempo em que vai acompanhando a fala humana que é emitida pelo software no momento da leitura do conteúdo.

Importante destacar que o *design*, assim como o código, devem estar prontos para receber o usuário que navega utilizando leitores de tela, uma vez que um simples cabeçalho quebrado ou mal implementado pode fazer com que o usuário tenha dificuldades, perdendo-se na página ou não compreendendo corretamente a informação que está sendo organizada de forma hierárquica (TEIXEIRA, 2015).

2.2 Softwares leitores de tela e de apoio para inclusão de pessoas com deficiência visual.

Guedes (2020) destaca que, com o desenvolvimento e aprimoramento de recursos tecnológicos, tornou-se possível oferecer às pessoas com deficiência visual o acesso à informação de uma forma mais difundida.

Hoje em dia, existe um número bem significativo de opções de leitores de telas e, também, sistemas específicos para uso por pessoas com deficiência visual para as mais diversas áreas. Dentre esses leitores, podem ser citados:

- **Jaws:** leitor de tela pago para Windows. É composto por um sistema de leitura de telas exibidas no computador e sintetizador de voz para o reconhecimento de comandos que são efetuados pelo usuário, facilitando também o acesso para pessoas com problemas visuais, pois lê o conteúdo exibido na tela do computador de forma literal para o usuário. Além disso, conta com um suporte para comandos efetuados por voz. No entanto, precisam de treinamento do sintetizador por parte do usuário. O programa oferece alguns comandos úteis que servem como atalhos para facilitar o uso de programas, edição de documentos e leituras de páginas da internet. Adicionalmente, conta com suporte para fornecer uma opção de saída em braille (ao invés de leitura).

Oferece auxílio em 17 idiomas, incluindo entre eles o português brasileiro. Programas para os quais efetua sua função: Microsoft Office, Internet Explorer, Windows Live Messenger, Corel Word Perfect, Adobe Acrobat Reader, Pacote IBM Lotus Symphony, entre outros. Oferece, ainda, suporte para utilização para navegar na internet.

- **Virtual Vision:** leitor de tela pago para Windows. Esse se apresenta como a solução definitiva para que deficientes visuais possam utilizar com autonomia o Windows, o pacote Office, o Internet Explorer e outros aplicativos por meio da leitura dos menus e telas desses programas por um sintetizador de voz. Varre os programas em busca de informações que possam ser lidas para o usuário. Possibilita a navegação por meio do uso de menus, telas e textos presentes em praticamente qualquer aplicativo. Sua navegação é realizada por meio de um teclado comum. O som é emitido através da placa de som do computador. Não necessita de adaptação especial para a utilização por deficientes visuais, o que dispensa o uso de sintetizadores externos.
- **NVDA** - é uma plataforma para leitura de tela gratuita para Windows. NonVisual Desktop Access, sendo traduzido para o português, significa desktop de acesso não visual, é gratuito e pode receber melhorias através de atualizações e *plugins*.
- **DOSVOX** - é uma tecnologia assistiva de criação pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, não é propriamente um leitor de telas, mas um sistema de acesso a computadores para pessoas com deficiência. Ele apresenta recursos interessantes tais como editor de texto, calculadora, agenda, jogos, dicionário e outros. No entanto, uma das suas desvantagens é que, fora do seu ambiente próprio, seus recursos são limitados.
- **BR Braille** – programa para transcrição de textos em braille para caracteres alfanuméricos.
- **Braille Creator** – software que permite digitar arquivos em braille, compatível com as principais impressoras do mercado.
- **Dolphin** – leitor de tela para cegos e ampliador de tela para pessoas com visão subnormal.
- **Pocket Voice** – software que faz uso de linguagem pictórica, simbólica e textual para expressar sonoramente o que o deficiente é incapaz de pronunciar.
- **WAT** – navegador personalizável para pessoas com baixa visão, possibilitando ajustes de acordo com a necessidade do usuário

Como são foco deste estudo, descrevemos a seguir o leitor de tela NVDA baseado em MathML, e o leitor SonoraMat, integrado ao DOSVOX e baseado em AsciiMath.

(Mathematical Markup Language) por constituir uma das partes centrais do estudo em questão.

2.3 MathML – Mathematical Markup Language e o Leitor de Tela NVDA.

A MathML (do inglês, *Mathematical Markup Language* ou Linguagem de Marcação Matemática), caracteriza-se como uma aplicação de XML (do inglês *eXtensible Markup Language*) utilizada para descrever notações matemáticas e capturar sua estrutura e conteúdo. Desde 2015, o MathML visa integrar fórmulas matemáticas em páginas World Wide Web (W3C) e outros documentos (WIKIPÉDIA, 2019).

O MathML é um padrão internacional, e permite que a matemática seja veiculada, recebida e processada na Web, da mesma forma de funcionamento do HTML (do inglês *HyperText Markup Language* ou Linguagem de Marcação de Hipertexto) para veiculação de texto em página Web¹.

Além disso, de acordo com Guedes (2020):

Para definir adequadamente este termo – uma linguagem de marcação é uma linguagem que anota o texto para que o computador possa manipular esse texto. A maioria das linguagens de marcação é legível por humanos porque as anotações são escritas de forma a distingui-las do próprio texto. Por exemplo, com HTML, XML e XHTML, as tags de marcação são `< e >` (GUEDES, 2020, p. 01).

Assim, qualquer texto que apareça dentro de um desses caracteres é considerado parte da linguagem de marcação e não parte do texto anotado. Por exemplo: `<p>`. Este é um parágrafo de texto escrito em HTML. `<p/>` Este exemplo é um parágrafo HTML. É composto de uma tag de abertura (`<p>`), uma tag de fechamento (`</p>`) e o texto real que seria exibido na tela (este é o texto contido entre as duas tag's) e cada uma delas inclui um símbolo: “menor que” e “maior que”, para que, assim, se designe a mesma como sendo uma parte da marcação. (GUEDES, 2020).

A linguagem MathML é muito útil, especialmente quando se deseja mostrar mais de um simbolismo simples da Matemática em sites. Apresenta facilidades na sua utilização por conta de sua simplicidade e semelhança com o HTML. Os dois tipos de rotulagem da MathML são: 1º – apresentação (para layout) e 2º – conteúdo (para significado). É importante

¹ <https://www.w3.org/TR/MathML3/>

destacar que os navegadores oferecem suporte apenas à apresentação, ou seja, esse é o único tipo de marcação que pode ser usado com HTML (OLIVEIRA, 2017).

Para escrever fórmulas em MathML, podem ser utilizados editores online ou editores de texto disponíveis nos computadores, sendo que estes últimos apresentam como desvantagem o fato de que as anotações poderão conter muitos erros, como não fechar uma tag, o que, conseqüentemente, impedirá processamentos automáticos posteriores (MIRELLA et. al, 2019).

2.4 SonoraMat integrado ao DOSVOX e a linguagem AsciiMath.

A linguagem AsciiMath foi desenvolvida por Peter Jipsen da Universidade de Chapman. É uma linguagem de marcação que tem por objetivo facilitar a escrita de texto em formulação para matemática. De acordo com a página de instrução, segundo o link <<http://asciimath.org/>>, a linguagem AsciiMath é convertida quando adicionamos acentos de crases (` `) antes e depois da escrita do texto, contudo, posteriormente, esse comando é convertido em marcação HTML, esse mesmo processo ocorre quando estamos escrevendo em formato de LateX.

De acordo com França e Nogueira (2019).

As alternativas mais óbvias para uma pessoa cega criar matemática, portanto seriam os formatos LaTeX, usados por 90% dos matemáticos para gerar textos científicos, ou o MathML (que não está sendo apresentado aqui), usado pelos navegadores da web para mostrar textos matemáticos. Infelizmente, ambos são complicados de escrever e sua leitura usando síntese de voz, é quase ininteligível (FRANÇA; NOGUEIRA, 2019, p.121).

A ferramenta leitora de tela SonoraMat foi criada pelo NCE/UFRJ a partir de junho de 2019. Suas informações formais e funcionalidades estão disponibilizadas através do link <<http://intervox.nce.ufrj.br/sonorammat/>>.

Pacitti (2019) ressalta que a finalidade principal do SonoraMat, como leitura de tela, compromete entregar um resultado, sendo a voz com bom tom narrada por ela, dedicada em sintetizadores para conseguir alcançar cada vez mais a acessibilidade, também é disponibilizada em vários idiomas, e com a interação com linguagem AsciiMath.

De acordo com Gray (2007), utilizando o formato AsciiMath, é possível escrever funções matemática, desde as mais simples, como por exemplo $x + 1 = 3$, como as mais

complexas utilizadas no ensino superior, como por exemplo por exemplo $\int_a^b f(x) dx$. Assim, é possível que se tenha melhor facilidade, exatidão e maior compreensão pelos usuários, tanto pela parte de digitação das funções no sistema quanto pela fala das expressões matemáticas. Contudo, é possível que a pessoa que utiliza o ambiente tenha uma melhor experiência em escrita e interpretação matemática através da acoplação da linguagem AsciiMath em sistemas de leitores de tela, especialmente o SonoraMat executado de maneira interativa com o DosVox.

CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.

O método escolhido para a pesquisa deste trabalho de conclusão de curso foi a abordagem qualitativa. A pesquisa será dividida em duas etapas. Primeiramente, foram escolhidas duas ferramentas com função de leitoras de equações matemáticas e que são gratuitas, realizando as leituras de tal forma com que o leitor de tela NVDA narra as equações em linguagem MathML, e o leitor de tela DOSVOX narra as equações em linguagem AsciiMath.

Para constituição dos dados das pesquisas, optou-se por elaborar um arquivo com sete equações matemáticas distintas, testando-as através dos dois leitores de fórmulas escolhidos. Assim, para a ferramenta MathML é utilizado o leitor de tela NVDA e a ferramenta SonoraMat é utilizada através do leitor de tela DOSVOX.

Na segunda etapa, os arquivos de textos foram lidos utilizando ambos os recursos de leitura de tela, e os resultados foram transcritos, de forma com que as ferramentas MathML e AsciiMath representam os conteúdos de matemática através de áudio que aparecem na tela dos computadores. As equações escolhidas na seleção foram sete fórmulas que abrangiam os seguintes conceitos matemáticos: função do 1º grau, função do 2º grau, função trigonométrica, função logarítmica, limite de uma função, derivada de uma função e integral de uma função. Os dados coletados foram analisados de maneira qualitativa.

A pesquisa qualitativa de análise de conteúdos constitui-se em um procedimento para análise de material textual. Assim, após os dados constituídos, buscamos estabelecer categorias de análises através de eixos temáticos para buscar respostas para a questão de investigação.

A análise de conteúdo é um dos procedimentos clássicos para analisar o material textual, não importando qual a origem desse material [...]. Uma de suas características essenciais é a utilização de categorias, as quais são normalmente obtidas a partir de modelos teóricos: as categorias são levadas para o material empírico e não necessariamente desenvolvidas a partir deste, embora sejam reiteradamente avaliadas em contraposição a esse material e, se necessário, modificadas (FLICK, 2004, p. 291).

A análise dos dados transcritos e a comparação entre os leitores foram efetuadas diante das seguintes questões norteadoras para esta pesquisa: É possível que estudantes com deficiência visual utilizem essas ferramentas de maneira autônoma? Estes/as estudantes terão dificuldade em compreender a leitura de equações matemáticas, como problemas de

entonação, por exemplo? Qual programa apresenta maior facilidade de manuseio e adequação?

Trataremos em cima dessas duas ferramentas todas as possibilidades que elas nos oferecem, considerando a facilidade de manuseios, interatividade, melhor adaptação com um aluno com deficiência visual e autonomia que elas dão aos alunos, com intuito de posteriormente termos a capacidade em argumentar quais das duas ferramentas considerando seus pontos positivos de negativos. Ressalva (FLICK, 2009) que:

Os métodos qualitativos consideram a comunicação do pesquisador em campo como parte explícita da produção de conhecimento, em vez de simplesmente encará-la como uma variável a interferir no processo. A subjetividade do pesquisador, bem como daqueles que estão sendo estudados, tornam-se parte do processo de pesquisa. As reflexões dos pesquisadores sobre suas próprias atitudes e observações em campo, suas impressões, irritações, sentimentos, etc, tornam-se dados em si mesmos, construindo parte de interpretação e são, portanto, documentados em diários de pesquisa ou em protocolos de contexto (p.25).

3.1 Passo a passo da instalação do DOSVOX e do NVDA.

Para a leitura das formulações matemáticas foi necessário instalar os programas DOSVOX e NVDA. Neste trabalho, foram produzidos dois arquivos de orientações do passo a passo necessário para a instalação. As orientações para a instalação do DOSVOX podem ser consultadas no Anexo I, e a instalação do NVDA pode ser consultadas no Anexo II.

3.2 Coleta dos dados utilizando os leitores de tela DOSVOX e NVDA.

Após o processo de instalação descrito nos Anexos I e II, foi criado um arquivo para o teste de leitura nos programas SonoraMat executado de maneira interativa com o DOSVOX e NVDA. A Tabela 3.1 mostra as fórmulas selecionadas.

Tabela 3.1 - Equações escolhidas para coleta de dados.

| Equações |
|-----------------------|
| $a \cdot (x) + b = 1$ |

$$a \cdot (x^2) + b \cdot (x) + c = 0$$

$$f(x) = \text{sen}(x)$$

e

$$g(x) = \text{cos}(x)$$

$$\log_a b = x$$

$$\lim_{x \rightarrow a} x = B$$

$$dy/dx = f(x)$$

$$\int_b^a f(x) dx$$

Como este trabalho, temos o propósito de explorar e avaliar todas as propriedades e desempenho que as duas ferramentas leitoras de equações matemática AsciiMath e MathML podem entregar. Contudo, gostaríamos de fazer essa análise de uma forma ampla nos conteúdos que a matemática nos proporciona conhecimento, a partir disso, fizemos uma seleção de conteúdos de álgebra que abrange os ensinos fundamentais I e II, ensino médio e ensino superior, conseguindo de uma certa forma um ensino mais acessível, que desse ao estudantes com deficiência visual mais autonomia do conhecimento. Nosso objetivo é analisar quão precisa é a leitura das ferramentas de comparação, e não descrever algum processo de resolução algébrica, e sim, a capacidade de leitura de cada um dos software avaliados. Nas Figuras 3.1, 3.2 e 3.3 abaixo podemos observar alguns testes realizados.

Figura 3.1 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta SonoraMat.

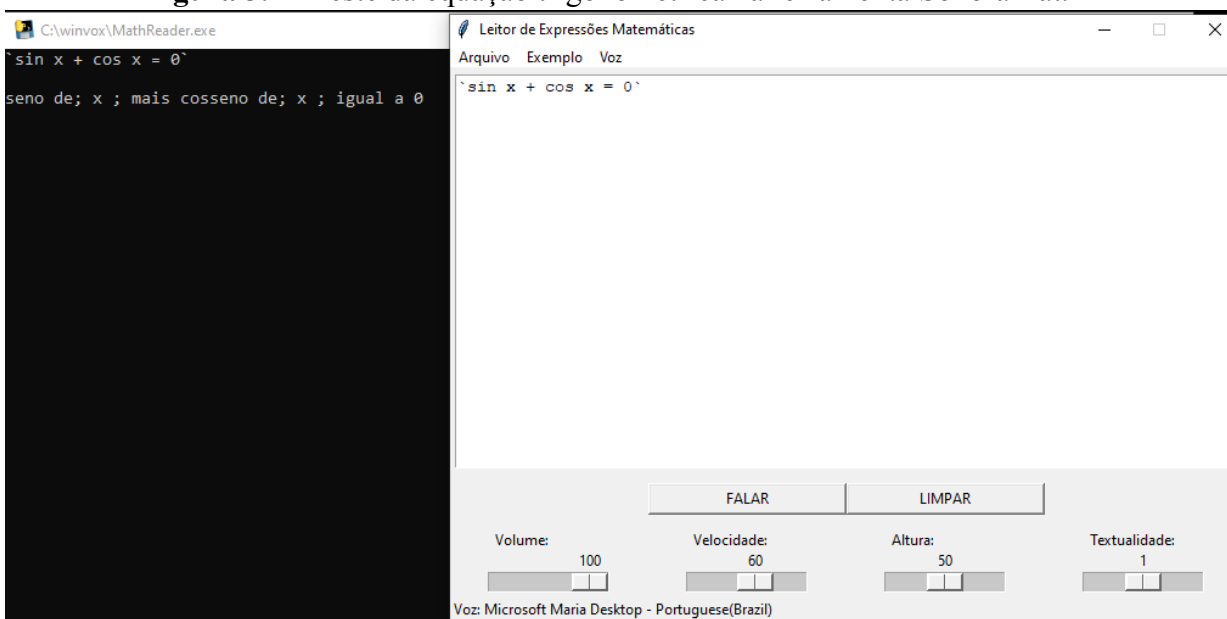


Figura 3.2 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta MathML.

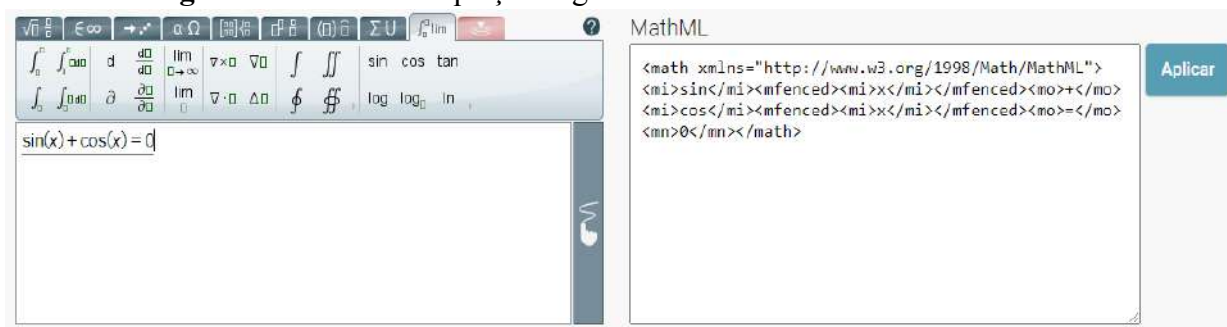


Figura 3.3 - Teste da equação com notação de derivada na ferramenta SonoraMat.

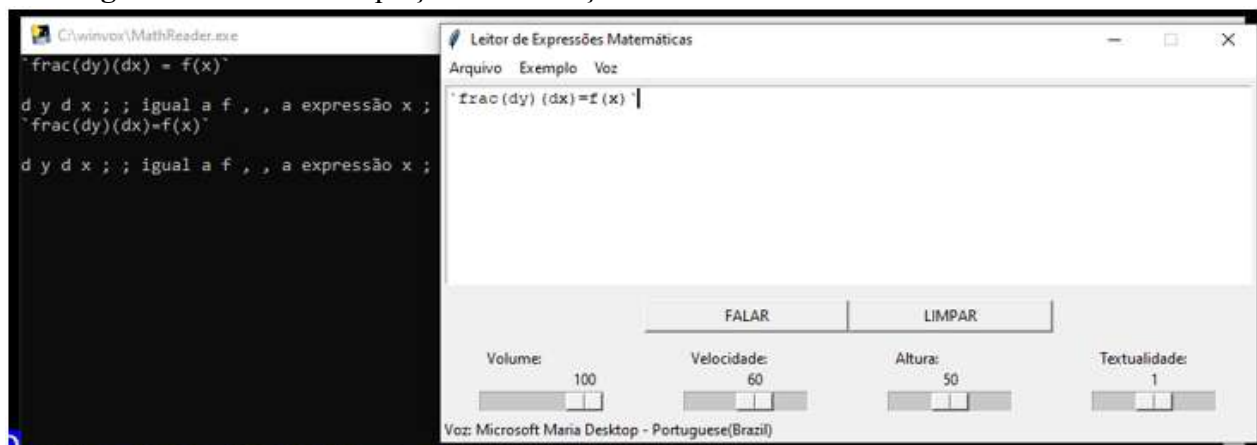
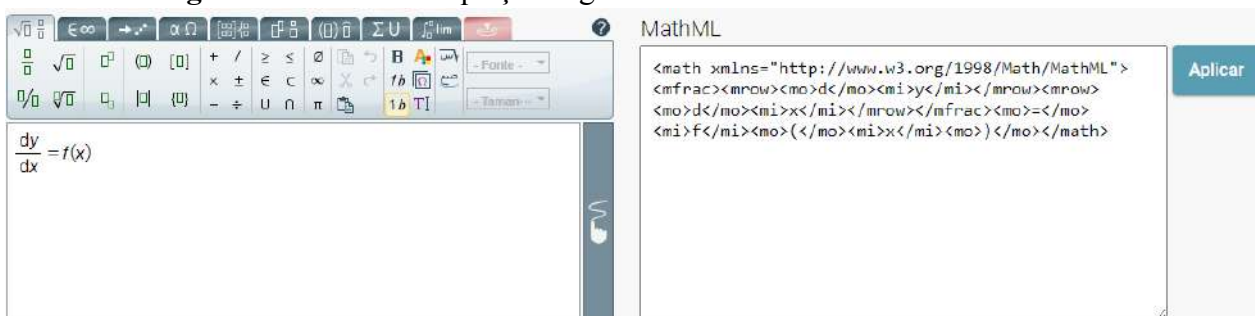


Figura 3.4 - Teste da equação trigonométrica na ferramenta MathML.

The image shows a software interface for editing mathematical content. On the left, there is a toolbar with various mathematical symbols and operators. Below the toolbar, the expression $\frac{dy}{dx} = f(x)$ is displayed. On the right, a text area labeled "MathML" contains the corresponding XML code for this expression. A blue button labeled "Aplicar" is located to the right of the MathML code area.

```
<math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">  
<mfrac><mrow><mo>d</mo><mi>y</mi></mrow><mrow>  
<mo>d</mo><mi>x</mi></mrow></mfrac><mo>=</mo>  
<mi>f</mi><mo>( </mo><mi>x</mi><mo> )</mo></math>
```

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

Neste capítulo do trabalho são exibidos os dados coletados pelas análises realizadas durante a transcrição dos áudios gravados, produzidos pelas duas ferramentas leitoras de tela DOSVOX e NVDA.

A análise dos resultados está organizada da seguinte forma: na Seção 4.1 são tratadas as dificuldades de instalação das duas ferramentas. A Seção 4.2 apresenta as transcrições das leituras feitas utilizando os dois programas analisados, exibidas em duas tabelas separadamente, relacionando cada função matemática com sua equivalente transcrição. E por final, na Seção 4.3, foi relatada detalhadamente a análise crítica no desempenho das ferramentas, suas versatilidades e possíveis alterações das configurações.

4.1 Descrição do processo de instalação.

4.1.1 Instalação do SonoraMat integrado ao Dosvox.

Para acessar a ferramenta leitora de função matemática SonoraMat na versão 1.0, foi preciso acessar o site digitando a URL do seu navegador de pesquisa ou acessar pelo link <<http://intervox.nce.ufrj.br/sonorammat/>>. Nesse caso, foi necessário realizar o download de dois programas: **SmServer.exe** e **MathReader.exe**. No entanto, a página não disponibiliza um manual de instalação dos programas citados e nem como a ferramenta seria executada no computador, o que dificultou o processo de instalação. Além disso, foi necessário também fazer o download do programa Dosvox, através de consulta na barra de pesquisa do navegador ou acessando o link <<http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download.htm>>, disponível na versão 6.1, disponível para os sistemas operacionais de x64 ou x32 bits. Selecionando avançar nas etapas de instalação até concluí-la, automaticamente, é criada uma pasta no disco rígido do computador chamada “Winvox” e também um ícone do Dosvox na área de trabalho do computador. Posteriormente, foi possível captar as gravações dos áudios através de um gravador não profissional os testes das formulações algébricas realizadas na ferramenta.

É importante salientar que é necessário abrir a janela do terminal SmServer.exe instalado dentro da pasta chamada “Winvox”, que consideravelmente é bem trabalhoso acessar tal terminal dentre tantas pastas do computador para posteriormente executar a ferramenta Dosvox. Seguindo as etapas que a própria ferramenta solicita ao usuário através da mensagem “o que deseja você deseja?”. O processo de navegação na ferramenta é bem

intuitiva e temos duas formas de realizar as funções: o usuário pode apertar a tecla com a letra “p” ou usar o próprio cursor de direção “para baixo” e “para cima” do teclado do computador, ir passando por todas as opções até chegar na opção “executar um programa do Windows”, e clicar com a tecla enter, assim, precisa-se preencher um comando da forma "C:\winvox\MathReader.exe" sendo essa parte do comando bem criteriosa, pois tem que ser digitado corretamente o comando de ação para ser executado. Em seguida, é aberta uma janela que permite ao usuário fazer os testes que deseja com base em texto escrito e seguindo algumas instruções básicas disponíveis no próprio site de download com a identificação “Como utilizar o Sonorammat”. Também são encontradas mais orientações quanto aos símbolos e operadores matemáticos no Anexo III deste trabalho, referente à linguagem em AsciiMath. Percebemos a quantidade de etapas que são necessárias para o usuário usufruir das funcionalidades da ferramenta.

É possível notar que o passo a passo de instalação é criterioso, e pode ser confuso para pessoas que não possuem familiaridade com o ambiente computacional, apesar do SonoraMat ser considerado de fácil de manuseio, possibilitando a estudantes com deficiência visual ter acesso a ferramenta com a ajuda de um professor de apoio nas primeiras vezes, até se acostumar com os passos. A ferramenta possui uma janela de exemplos de funções matemáticas que é bastante prática para o usuário que está iniciando o processo. É importante salientar que as instruções do manual na página de instalação contam com exemplos que podem ser úteis. No fundo da janela do programa, encontramos quatro chaves nos dando o poder de regular o volume da voz da ferramenta Dosvox, a velocidade em que a voz que vai ser falada, a altura da voz e por último a textualidade que pode ser utilizada, conforme está sendo exemplificado na Figura 4 abaixo.

Figura 4.1 - Interface da ferramenta SonoraMat.

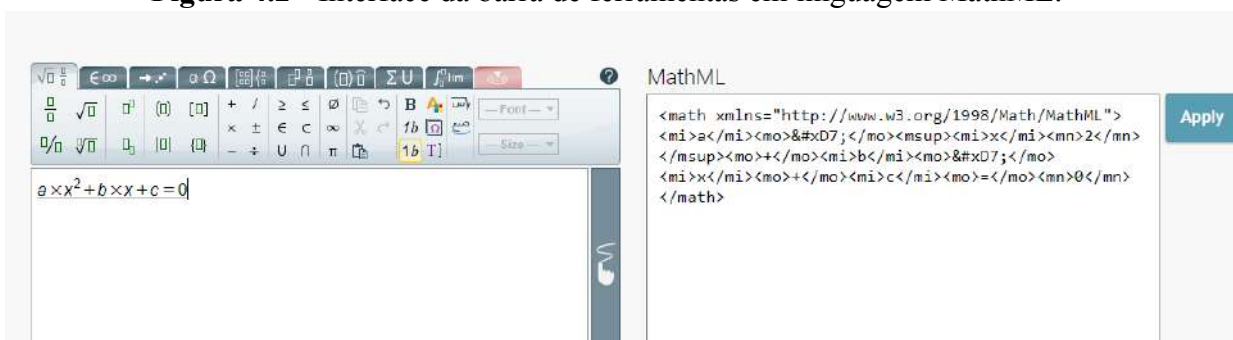


Encontramos também a configuração na própria janela de alternar a tradução da voz em língua portuguesa e inglesa. Já o estilo da voz, trata-se de uma voz feminina. Uma das partes mais interessante que podemos observar com essa ferramenta é que ela trás uma voz não tanto cansativa, bem diferente de uma voz robotizada como é oferecido em aplicativos de GPS.

4.1.2 Instalação do Editor em MathML.

A ferramenta de edição de MathML é acessada através do link <https://demo.wiris.com/mathtype/en/developers.php#mathml-latex>. Ela não possui a forma para download e instalação física no computador, mas isso não impede à pessoa com deficiência visual acessar a página da internet. Tratando do desenvolvimento das aplicações das funções matemáticas para coleta dos testes de leitura de fórmula, é necessário escrever as funções matemáticas num quadro específico da página de navegação, conforme está sendo exemplificado na Figura 4.2, para que a ferramenta transcreva tais funções em linguagem computacional da forma HTML.

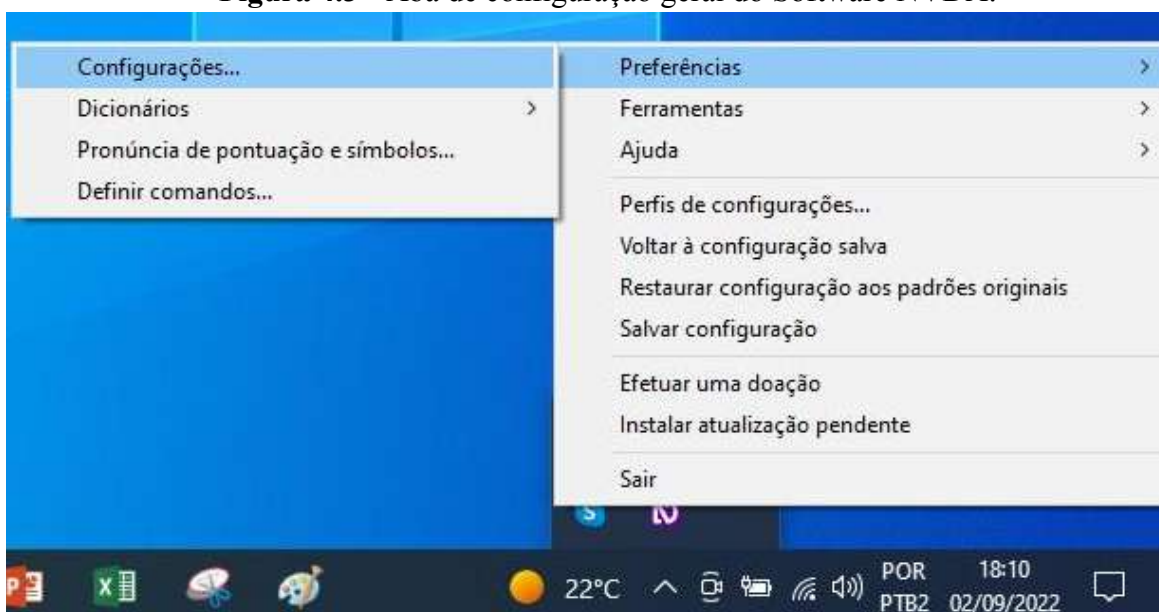
Figura 4.2 - Interface da barra de ferramentas em linguagem MathML.



Posteriormente, a equação que representada em linguagem MathML pode ser copiada do próprio site para um arquivo de anotações padrão já instalado no computador e salvo com um formato de extensão, como: “título do arquivo.html”. Em seguida, é gerado um aplicativo que, quando executado, é aberto em um página de internet exclusivamente no navegador Internet Explorer. Uma observação importante é que o arquivo setup gerado, ele é único e não há possibilidade de edição se acaso houver necessidade. Podemos fazer uma comparação de instalação de leitores de equações, da forma que a ferramenta MathML não é necessário realizar a instalação física no computador, já a ferramenta AsciiMath é necessário.

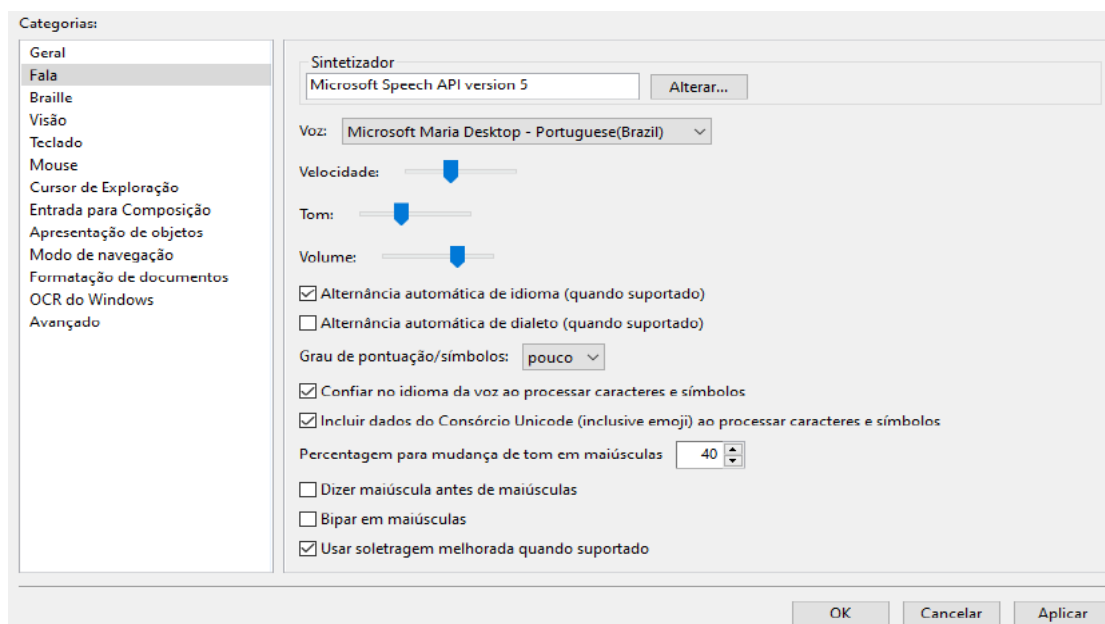
O leitor de tela NVDA apresenta uma dinamicidade na execução dos arquivos setups que não é encontrada no Dosvox. Em uma situação onde o leitor está ouvindo a narração das equações matemáticas juntamente com o texto simultaneamente e houver uma dúvida no contexto, é permitido interromper a leitura da ferramenta pelo usuário que esteja manipulando o computador e voltar na parte da dúvida, acionando o comando tanto pela tecla *tab* do teclado quanto com auxílio das teclas de direção “para cima” e “para baixo”, será direcionado para o início do documento e novamente chegar na parte que o usuário precisar voltar ou interrompe a narração com o cursor do mouse para depois direcionar novamente a narração da ferramenta na parte do conteúdo que houve dúvida. Possui também algumas configurações que podem ser alteradas, mas para isso é necessária a parte de configurações internas da ferramenta, conforme está sendo exemplificado na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Aba de configuração geral do Software NVDA.



Pode ajustar a tonalidade da voz, volume, também escolher a tonalidade masculina e feminina da voz e a escolha da língua em que vai ser falada de vários países. Como está exemplificado na Figura 4.4 abaixo:

Figura 4.4 - Aba de configuração de fala do Software NVDA.



A maior dificuldade encontrada na execução dos testes foi que a tradução para a língua portuguesa disponibilizada pela ferramenta funciona muito bem em textos na mesma língua, porém, em algumas expressões matemáticas e também símbolos, a narração é em inglês, dificultando para os usuários na interpretação que não sabem inglês.

4.2 Comparação entre as transcrições.

A Tabela 4.1 mostra as descrições das funções matemáticas nas linguagens AsciiMath e MathML e também o recurso computacional utilizado. Os conteúdos foram utilizados a partir do arquivo composto por sete equações detalhadas no Capítulo 3 deste trabalho.

Tabela 4.1 - Conteúdo matemático e comparativo de escrita nas ferramentas MathML e SonoraMat.

| Equações | Descrição utilizando SonoraMat. | Descrição utilizando MathML. |
|-----------------------|---------------------------------|--|
| $a \cdot (x) + b = 1$ | `a * (x) + b = 1` | <code><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <mi>a</mi><mo>(</mo><mi>x</mi><mo>)</mo> <mo>+</mo><mi>b</mi><mo>=</mo><mn>1</mn> </math></code> |

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| $a \cdot (x^2) + b \cdot (x) + c = 0$ | <code>`a * (x^2) + b * (x) + c = 0`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <mi>a</mi><msup><mrow><mo></mo><mi>x</mi> <mo></mo></mrow><mn>2</mn></msup><mo>+ </mo><mi>b</mi><mo></mo><mi>x</mi><mo></mo> <mo>+</mo><mi>c</mi><mo>=</mo><mn>0</mn> </math></pre> |
| $f(x) = \text{sen}(x)$ | <code>`f(x) = sin(x)`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <mi>f</mi><mo></mo><mi>x</mi><mo></mo>=</mo> </mo><mi>s</mi><mi>e</mi><mi>n</mi><mo></mo> <mi>x</mi><mo></mo></math></pre> |
| $g(x) = \text{cos}(x)$ | <code>`g(x) = cos(x)`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <mi>g</mi><mo></mo><mi>x</mi><mo></mo>=</mo> </mo><mi>cos</mi><mo></mo><mi>x</mi><mo></mo> </math></pre> |
| $\log_a b = x$ | <code>`log_a b = x`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <msub><mi>log</mi><mi>a</mi></msub><mfenced> <mi>b</mi></mfenced><mo>=</mo><mi>x</mi> </math></pre> |
| $\lim_{x \rightarrow a} x = B$ | <code>`lim_{x \rightarrow a} x = B`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <munder><mi>lim</mi><mrow><mi>x</mi><mo> </mo><mi>a</mi></mrow></munder><mi>x</mi><mo>= </mo><mi>B</mi> </math></pre> |
| $dy/dx = f(x)$ | <code>`frac(dy)(dx) = f(x)`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <mi>d</mi><mi>y</mi><mo>/</mo><mi>d</mi> <mi>x</mi><mo>=</mo><mi>f</mi><mfenced> <mi>x</mi></mfenced> </math></pre> |
| $\int_b^a f(x) dx$ | <code>`int_(b)^(a)f(x)dx`</code> | <pre><math xmlns="http://www.w3.org/1998/Math/MathML"> <msubsup><mo></mo><mi>b</mi><mi>a</mi> </msubsup><mi>f</mi><mfenced><mi>x</mi> </mfenced><mo>d</mo><mfenced><mi>x</mi></mfenced> </math></pre> |

Na Tabela 4.1 temos dois pontos a destacar, sendo o primeiro é o sinal de “*” (asterisco) presente nas equações de primeiro grau e segundo grau é representado pela operação de multiplicação, na escrita utilizando a ferramenta SonoraMat. E na descrição da equação na última linha da tabela, na segunda coluna, os sinais de “_” subtração e “^” acento circunflexo é utilizado para identificar a delimitação de pontos no qual vai ser aplicada a função de $f(x)$ na integral.

A Tabela 4.2 apresenta as transcrições da leitura das formulações executadas utilizando o SonoraMat e o MathML.

Tabela 4.2 - Comparativo de transcrição através das ferramentas SonoraMat e NVDA.

| Equações | Transcrição utilizando SonoraMat. | Transcrição utilizando NVDA. |
|---------------------------------------|--|---|
| $a \cdot (x) + b = 1$ | “a” vezes “xis” mais “b” igual a um | “a” times “xis” plus “b” equals um |
| $a \cdot (x^2) + b \cdot (x) + c = 0$ | “a” vezes “xis” ao quadrado mais “b” vezes “xis” mais “c” igual a zero | “a” times “xis” square plus “b” times “xis” plus “c” equals a zero |
| $f(x) = \text{sen}(x)$ | “f” de “xis” igual a seno de “xis” | “f” “xis” equals sine “x” |
| e $g(x) = \text{cos}(x)$ | “g” de “xis” igual ao cosseno de “xis” | “g” off “xis” equals cosine “x” |
| $\log_a(x) = b$ | logaritmo de “xis” igual à “b” | dê log base a of “xis” equals “b” |
| $\lim_{(x \rightarrow a)}(x) = B$ | limite quando “xis” tende à “a” de “xis” igual “B” | dê limitans “xis” goes to “a” of “xis” equals “B” |
| $dy/dx = f(x)$ | dê “ípsilon” dê “xis” igual à “f” à expressão “xis” | dê “ípsilon” over dê “xis” equals “f” of open ponder “xis” close ponder |
| $\int_b^a f(x)dx$ | integral de “b” à “a” de “f” de “xis” dê “xis” | dê integral from “a” to “b” of “f” of “xis” dê “xis” |

Como o NVDA não apresenta ainda tradução para a língua portuguesa para a leitura de fórmulas matemáticas, apresentamos na Tabela 4.3 uma tradução direta dos dados coletados utilizando o NVDA.

Tabela 4.3- Tradução direta da transcrição executada pelo NVDA feita pelo autor.

| Equações | Transcrição feita pelo NVDA. | Tradução direta para a língua portuguesa. |
|---------------------------------------|--|---|
| $a \cdot (x) + b = 1$ | “a” times “xis” plus “b” equals um | “a” vezes “xis” mais “b” igual um |
| $a \cdot (x^2) + b \cdot (x) + c = 0$ | “a” times “xis” square plus “b” times “xis” plus “c” equals a zero | “a” vezes “xis” quadrado mais “b” vezes “xis” mais “c” igual a zero |
| $f(x) = \text{sen}(x)$ | “f” “xis” equals sine “x” | f” “xis” igual seno “x” |

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| e $g(x) = \cos(x)$ | “g” of “xis” equals cosine “x” | “g” de “xis” igual coseno “x” |
| $\log_a(x) = b$ | dê log base a off “xis” equals “b” | dê log base a de “xis” igual “b” |
| $\lim_{(x \rightarrow a)}(x) = B$ | dê limitans “xis” goes to “a” off “xis” equals “B” | dê limitans “xis” tende “a” de “xis” igual “B” |
| $dy/dx = f(x)$ | dê “ípsilon” over dê “xis” equals “f” of open ponder “xis” close ponder | dê “ípsilon” sobre dê “xis” igual “f” de abre ponder “xis” fecha ponder |
| $\int_b^a f(x)dx$ | dê integral from “a” to “b” of “f” off “xis” dê “xis” | dê integral from “a” até “b” of “f” de “xis” dê “xis” |

4.3 Categorias de Análise.

A partir dos dados coletados apresentados nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3, foram definidas cinco categorias para análise dos dados qualitativos:

1. Dificuldades no processo de instalação dos softwares;
2. Prós e contras referentes ao manuseio dos softwares;
3. Ajustes e controles para melhoramento da leitura nos softwares.
4. Qualidade das leituras e sua influência na interpretação das fórmulas;

Foi produzido um arquivo composto por sete fórmulas que abrangiam os seguintes conceitos matemáticos: função do 1º grau, função do 2º grau, função trigonométrica, função logarítmica, limite de uma função, derivada de uma função e integral de uma função. Como isso, realizamos a aplicação das funções nos referidos softwares com o objetivo de coletar as narrativas e trazer as transcrições das leituras separadamente e, por último, a análise qualitativa desses dados.

4.3.1 Sobre as dificuldades de instalação do SonoraMat e o NVDA.

Na parte de instalação da ferramenta SonoraMat, foi preciso realizar vários processos, Ela é executada a partir de uma interação com o Software DOSVOX, assim, os passos são bem criteriosos e é necessário salvar também esses programas executáveis [SmServer.exe](#) e [MathReader.exe](#) dentro da própria pasta do DOSVOX no computador do usuário. Considerando que é necessário passar por todas essas etapas para instalá-lo fisicamente no

computador, foi preciso a instrução do professor do Departamento de Ciências da Computação para que conseguíssemos chegar no processo final de instalação. Assim, não é dispensável os professores precisem de um acompanhamento de um profissional de TI para que não ocorra erro no processo de instalação, e sendo que é necessário navegar pela página da internet para saber qual arquivo é mais adequado para qual especificação de computador vai ser utilizado, o estudante pode encontrar também dificuldades em concluir todos os passos de instalação até que esteja pronta para seguir os passos de execução. Mesmo com as considerações relatadas anteriormente que os usuários com deficiência visual e usuários sem deficiência visual possam ter dificuldades, temos que levar em consideração que essas etapas serão realizadas uma única vez. Quando passamos para a parte de execução, é fácil conseguir chegar na janela de reprodução dos conteúdos matemáticos pelo fato do DOSVOX ser bem interativo e instrutivo. Sendo assim, é favorável a utilização da ferramenta na sala de aula para trabalhar os conteúdos de matemática de uma forma mais acessível e abrangendo todos da classe.

Já na parte de instalação da ferramenta NVDA, podemos considerar mais fácil, por se tratar de um arquivo setup contendo tudo necessário para instalação, disponível para download no link já mencionado anteriormente. Analisando o processo que foi feito para conseguir fazer os testes com ferramentas, não houve dificuldade como a anterior. O NVDA, comparando em questão do passo a passo de instalação, é mais fácil de reproduzir. Porém, existe também a possibilidade do professor e dos estudantes sem deficiência visual ou deficiente visuais terem o apoio de um profissional de TI, sendo que é necessário navegar pela página da internet para saber qual arquivo é mais adequado para qual especificação de computador vai ser utilizado.

Pode-se perceber uma diferença bem específica entre os dois leitores de fórmulas matemáticas, o AsciiMath relacionado ao SonoraMat e o MathML relacionado ao NVDA. O documento que vai ser executado pelo NVDA, é não elaborado e executado em um sistema só, então, é um arquivo salvo em “.html” e também é único, não aceita edição se necessário, fazendo com que houvesse a possibilidade de criar um mal entendimento do conteúdo estudado e, para alterar o erro, é exigido que o estudante e o professor construam todo o processo e salvá-lo novamente. Agora olhando para a forma em a ferramenta SonoraMat trabalha, consideramos mais fácil consertar algum erro de digitação ou uma má interpretação, pelo fato de que, quando executamos a ferramenta, é possível fazer e editar tudo pela própria janela de execução, fazendo com que os estudantes e o professor não gastem tanto tempo editando um documento de conteúdo matemático. E o SonoraMat consegue dar mais

autonomia aos professor auxiliar e incentivar que os alunos investiguem os conteúdos de estudo.

4.3.2 Prós e contras referente ao manuseio dos software

A ferramenta SonoraMat, se apresenta bem comunicativa e interativa com o usuário. Na janela em que é disponibilizada para o usuário digitar suas funções, a ferramenta estabelece a liberdade para fazer os testes desejados pelo usuário com base em texto escrito e seguindo algumas instruções básicas de linguagem na qual a ferramenta é preparada para receber as funções matemáticas. No caso do usuário ou usuária cometer algum erro na linguagem AsciiMath no momento de inserir a fórmula l , é disponibilizada uma janela com exemplos de funções matemáticas, facilitando o uso e a exploração da ferramenta.

Como pode ser observado na Tabela 4.1, é perceptível que todas as funções sempre começam com um sinal de crase antes e o sinal de crase após terminá-la. Podemos verificar isso observando a primeira coluna em comparação com a segunda coluna da tabela. Tal processo faz com que o software reconheça parcialmente os símbolos matemáticos e as expressões básicas que aparecem na função. No entanto, para ouvirmos o que o SonoraMat vai narrar através do DOSVOX, é necessário clicar na tecla “*falar*” da janela para ser feito o processo de interpretação por parte da ferramenta em uma situação que o estudante com deficiência visual esteja manuseando. A leitura também pode ser repetida inúmeras vezes se necessário. Podemos considerar não tão vantajoso o processo em que a cada vez que é digitada uma função no espaço apropriado e pedir que seja feita a execução, não conseguimos controlar por onde ela vai começar a narrativa, sempre vai ser do início ao fim, obrigando assim o estudante que esteja com dúvida em uma parte específica escutar novamente uma função completa, tendo que digitá-la separadamente das outras. Isso pode ser um obstáculo em leituras de formulações mais longas ou de alta complexidade.

O desenvolvimento das aplicações das funções matemáticas para coleta dos dados de leitura de fórmula na ferramenta NVDA, exige que a pessoa que a utiliza escreva as funções matemáticas num quadro específico da página de navegação, de preferência o Internet Explorer, para que a própria ferramenta transcreva a equação digitada em linguagem computacional da forma HTML.

É possível verificar os dados na tabela 4.1, observando a primeira coluna em comparação com a segunda coluna da tabela. Um ponto muito interessante no próprio site é que o estudante com deficiência visual tem a capacidade cognitiva de escrever as equações com a mão, existe um espaço na própria página que dá ao estudante a liberdade de desenhar a

equação desejada. É necessário copiar o que foi transcrito em linguagem HTML para um bloco de anotações padrão que já vem instalado nos computadores e com isso é solicitado que o arquivo seja salvo com um formato de extensão de página, como: “*título do arquivo.html*”. Assim, é possível gerar um arquivo setup que quando acionado é aberto em um página da internet exclusivamente no navegador Internet Explorer.

Analisando todos esses passos que são necessários para que as equações sejam executadas, cada uma em um arquivo de execução separadamente, podemos notar o quão extenso e criterioso é montar tais arquivos. Também é preciso considerar que cada arquivo é único e não aceita edição se necessário, exigindo que o estudante faça todo o processo novamente se houver algum erro de digitação. Diferentemente do leitor de tela Dosvox, o programa NVDA acompanhado pela implementação em MathML é bem dinâmico, sendo que é possível acioná-lo enquanto é formalizado os arquivos setup de reprodução das equações, é capaz também de narrar um texto e simultaneamente uma equação matemática. Na possibilidade do estudante não conseguir compreender uma determinada parte, é possível interromper a narração com o cursor do mouse e voltar na parte que gerou dúvida, acionando tanto a tecla “*tab*” do teclado como também as teclas de direção “para cima” e “para baixo” no próprio teclado.

4.3.3 Ajustes e controles para melhoramento da leitura nos softwares.

Existem algumas configurações que podem ser alteradas antes de cada execução da aplicação dos testes na tela simplificada da ferramenta SonoraMat /AsciiMath, possibilitando ajustar a velocidade, o volume, a tonalidade da voz, a textualidade (função na ferramenta que a leitura mais próxima do português ou em linguagem própria da matemática), a opção de executar e a opção de limpar o campo onde digitamos as funções, e existem algumas outras configurações de sistema do próprio DOSVOX que podemos acessá-las na primeira página, nas quais passando por todas as opções apertando a tecla de direção do computador até chegar em configurar o DOSVOX ou clicar na letra “c” que é uma tecla de atalho. Esta ação, dá ao usuário a opção de alterar a voz para feminina ou masculina, velocidade e tonalidade do sistema interior.

O leitor de tela NVDA que auxilia na narrativa da ferramenta MathML não é integralmente incluído em uma só execução, sendo que para escolher as vozes como masculina e feminina, estabelecer a escolha do idioma da linguagem de vários países, escolher a regulagem de velocidade, a altura e a tonalidade que vai ser narrada, são selecionado pelos

usuários somente quando for acessado à parte de configuração interna da ferramenta NVDA, no qual se o usuário precisar trocar alguma função para o melhor entendimento.

Podemos discriminar então através deste capítulo todos dados que foram possível coletar e discriminar cada particularidade que cada ferramenta leitor de função matemática carrega em suas configurações e capacitações, contudo a partir de todas essas análises conseguimos filtrar as nossas subjetividades com à problemática referenciada neste trabalho de conclusão de curso.

4.3.4 Qualidade das leituras e sua influência na interpretação das fórmulas.

Quando estamos executando os arquivos com as sete funções matemáticas através da ferramenta SonoraMat, podemos observar que existe uma sintonia da interpretação da ferramenta leitora de funções matemáticas com o leitor de tela, que no nosso caso é o DOSVOX. A Tabela 4.2 mostra a transcrição dos dados coletados utilizando o SonoraMat. A narração é transmitida nitidamente e conseguimos ouvir a leitura bem próxima a que ouvimos de um professor. Com a coleta dos dados para análise e transcrição, podemos notar os detalhes narrados pela ferramenta, principalmente as funções referentes ao ensino base de matemática. Como avaliador didático da ferramenta e uma pessoa que não possui deficiência visual, foi perceptível que não houve falha perante o que estava digitado no espaço apropriado e a narração ao clicar em falar da ferramenta. Porém, foi possível perceber que nas funções que continham parênteses, a ferramenta não foi capaz de fazer a leitura corretamente, pode perceber também que para a ferramenta exige que você digite algumas letras em inglês para mencionar uma expressão matemática, como por exemplo, falamos seno de "xis" e escrevemos da forma $\text{sen}(x)$, porém a linguagem em AsciiMath só consegue interpretar se digitamos $\text{sin}(x)$, em inglês. A falta de detalhamento se torna um obstáculo para a compreensão de um estudante com deficiência visual.

Considerando vários testes extras que foram realizados com a ferramenta SonoraMat, não foi cansativo, pelo fato que consideramos que o computador que está interagindo com o estudante. A voz que a ferramenta reproduz não é totalmente robotizada, gerando assim conforto no estudo. Existe a opção de voz feminina que é o estilo padrão da voz que já vem no pacote de instalação do DOSVOX, e podemos também acessar algumas outras vozes navegando nas configurações mais avançadas para conseguir selecionar as tonalidades de voz disponíveis da forma que o usuário desejar, sendo elas da forma masculina ou feminina, mais

robotizada ou não, e, por final, há possibilidades de trocar o idioma para inglês, espanhol e português.

Estabelecendo o critério de qualidade de leitura das funções matemáticas pela ferramenta MathML com o leitor de tela NVDA, podemos ouvir nitidamente o que foi coletado como dados de análise e que vai servir como base e critério de avaliação qualitativa, o áudio narrado é bem nítido e conseguimos ouvir com bastante detalhes também, bem semelhante com a da ferramenta anteriormente mencionada, mas, em relação à interpretação que é realizada entre a ferramenta MathML e o leitor de tela NVDA, verificamos que o fato da ferramenta não ter sido adaptada para a língua portuguesa na leitura do texto matemático prejudica a compreensão do conteúdo matemática, conforme pode ser observado, na Tabela 4.2. Comparando a primeira coluna com a segunda coluna, observamos que as expressões, as simbologias matemáticas e as operações básicas são narradas totalmente em inglês, já as incógnitas representadas por letras e os valores reais são todos narrados em língua portuguesa. Um ponto também observado foi a mesma questão da expressão matemática seno de "xis", a linguagem em MathML só consegue interpretar se digitamos $\sin(x)$, em inglês, comprometendo o entendimento por parte dos estudantes com deficiência visual e também nos estudantes sem deficiência visual.

Com as análises realizadas e mencionadas acima no texto, podemos perceber que as duas ferramentas no quesito de nitidez na fala possuem uma boa equiparação, não possui uma discrepância para critério de desempate, porém, podemos verificar que quando se trata da questão em tradução língua para o português, temos que a ferramenta SonoraMat integrada ao software DOSVOX consegue entregar um melhor e mais eficaz o trabalho de leitura de equação matemática através do leitor de tela, sendo assim, um critério de desempate para o SonoraMat.

CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES.

O acesso e leitura de formulação algébrica para estudantes com algum tipo de deficiência visual ainda é uma lacuna de pesquisa e um desafio para docentes e discentes. Recursos computacionais podem e devem complementar o uso de recursos manipulativos, contribuindo para a formação adequada e significativa dos estudantes em seu processo de verdadeira inclusão.

O objetivo deste trabalho foi fazer uma análise qualitativa da transcrição das leituras de fórmulas a partir de duas diferentes ferramentas: o SonoraMat, implementado em linguagem AsciiMath e acoplado ao DOSVOX, e o NVDA, implementado em MathML. Para isso, foi proposta uma lista contendo sete fórmulas matemáticas que contemplaram notação matemática de funções de primeiro e segundo grau, logaritmo e trigonometria. Também foram incluídas as notações matemáticas utilizadas no ensino superior, como limite, derivada e integral de uma função. Os dados coletados através da transcrição das leituras efetuadas pelos programas foram analisados de maneira qualitativa, através da definição de quatro categorias: dificuldades no processo de instalação dos softwares; prós e contras referente ao manuseio dos software; ajustes e controles para melhoramento da leitura nos softwares e qualidade das leituras e suas influências na interpretação das fórmulas.

Através da análise dos dados, foi possível concluir que pelo leitor de tela DOSVOX é uma interface bem mais fácil de manipulação, com a disponibilização de uma aba de exemplos de equações matemáticas contendo todas as variações algébricas citadas acima e a possibilidades de trocar a voz robotizada da ferramenta em três idiomas (português, inglês e espanhol). Além disso, o SonoraMat do DOSVOX contém também um regulador de velocidade e regulagem de altura da leitura. De acordo com a nossa análise, a ferramenta NVDA é bem mais complexa, pois depende que seja realizada uma reformulação em linguagem de programação anteriormente para que, posteriormente, seja executado o documento na página de navegação do Internet Explorer, sendo que é solicitado que use somente esse navegador. Outra dificuldade que pode ser destacada é que, mesmo que esteja selecionada a linguagem em português Brasil, as expressões matemáticas são lidas todas em inglês, assim como os sinais matemáticos. Assim, a limitação do ambiente NVDA em relação ao idioma pode também prejudicar a compreensão do conteúdo matemático por parte do estudante com deficiência, aumentando as barreiras inerentes da compreensão da notação algébrica, que já é usualmente um desafio para estudantes videntes.

Diante de todas as pesquisas e análises realizadas sobre as ferramentas leitoras de tela, é importante salientar que, o adequado seria avaliar a leitura com um plug-in no programa NVDA traduzido as leituras de equações matemáticas para a língua portuguesa, assim como o SonoraMat. Este tipo de adaptação tem sido objeto de outras pesquisas. Deixamos aqui então nosso parecer como trabalhos futuros, importantes pesquisas como as desenvolvidas pelo grupo de pesquisa da ALCANCE. Manollo e Freire (2018) trabalham com melhoramento referentes aos problemas de ambiguidade encontrados nas ferramentas leitores de equações matemáticas e na tradução da voz para a língua portuguesa, são técnicas para facilitar os recursos de navegação através da marcação de leitura matemática em estrutura MathML. É muito importante para o desenvolvimento e testes de ferramentas para leitura de formulação matemática em português sejam amplamente incentivadas e divulgadas, não somente na comunidade acadêmica, mas principalmente na formação de professoras e professoras da rede básica.

Ainda do ponto de vista do corpo docente, é importante salientar que, neste trabalho, o arquivo de leitura foi todo desenvolvido e traduzido para MathML pelo autor. Foi encontrado dificuldades como considerar ou não os espaços entre um comando ou outro, sem saber se iria influenciar na leitura, saber identificar os operadores da equações corretamente para depois ser traduzida em linguagem MathML, realizar mais testes para saber onde adicionar os símbolos matemáticos como colchetes para amenizar os problemas de ambiguidade. Entretanto é válido pensar como seria melhor se o arquivo já viessem prontos em materiais digitais, E-book, já fossem publicados com a adaptação em linguagem de marcação MathML, assim a leitura seria direta.

REFERÊNCIAS.

- AZEVEDO, F. C. **Alfabetização e letramento em alunos com deficiência intelectual no ensino regular**. 2016. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- BATISTA, C. G. **Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais**. Revista: Psicologia: Teoria e Pesquisa, Universidade de Brasília. V. 21, No 1, Jan.-Abr, p.07-15, 2005.
- BARROQUEIRO, Carlos. H. (2012). **Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação na formação de professores de Física e Matemática do Instituto Federal de São Paulo**. Tese de Doutorado apresentada no programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul (CAPES 6). São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.
- CALIXTO, Jelsoni de Araújo. **Contribuições das Salas de Recursos Multifuncionais para a Aprendizagem Matemática de Alunos Cegos e Surdos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Acre, Acre, 2015.
- FERREIRA, H.; FREITAS, D. **Leitura de fórmulas matemáticas para cegos e amblíopes: a aplicação AudioMath**. Artigo publicado nas atas da conferência IBERDISCAP 06, Vitória, ES, Brasil em 20 à 22 de fevereiro de 2006.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 408p. Tradução Joice Elias Costa.
- MANOLLO CÂNDIDO GUEDES, Hérlon; PIMENTA FREIRE, André. **Estratégias de Navegação em Fórmulas Matemáticas na Web para Pessoas com Deficiência Visual**. In: WORKSHOP DE TESES E DISSERTAÇÕES - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS (IHC), 17., 2018, Belém. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018. <[DOI:h8.4219.ttps://doi.org/10.5753/ihc.2018](https://doi.org/10.5753/ihc.2018)>.
- GUEDES, Hérlon Manollo Cândido. **Exploração Conceitual de Fórmulas Matemáticas na Web para pessoas com Deficiência Visual em Leitor de Tela de Código Aberto**. Lavras: UFLA, 2020.
- GUEDES, Kayobrussy. **Markup Language: o que são linguagens de marcação (2020)**. Disponível em: <<https://www.topgadget.com.br/howto/sites-e-web/markup-language-o-que-sao-linguagens-de-marcacao.htm>>. Acesso em: 22/03/2022.
- KREMER, Karla de Araújo de. **Dificuldades de aprendizagem de Matemática (2010)**. Disponível em: <https://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/k215345>.pdf Acesso em: 20/04/2022.
- LIMA, Mirella Alves de et al. **Análise de verbalizações de fórmulas matemáticas por professores com experiência no ensino de pessoas com deficiência visual**. Rev. Est. Ling. Belo Horizonte, v. 27, nº 3. P.1371-1397, jul/set. 2019.
- LÍRIO, Simone Barreto. **A Tecnologia Informática como Auxílio no Ensino de Geometria para Deficientes Visuais**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.
- MORIN, E. (2001). **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EdgarMorin>>. pdf Acesso em: 05/07/2020.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão é o privilégio de conviver com as diferenças**. In: Fala Mestre! Meire Cavalcante. Edição, 182, Mai/2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261699922_INCLUSAO_UM_PRIVILEGIO_DE_CONVIVER_COM_AS_DIFERENCAS>. Acesso em: 07/09/2020.

NUNES, C. (2001). **Aprendizagem ativa na criança com multideficiência**. Lisboa: Ministério da Educação. Ormelezi, E. M. (2006). Inclusão educacional e escolar da criança cega congênita com problemas na constituição subjetiva no desenvolvimento global: uma leitura psicanalítica em estudos de caso. São Paulo: USP.

OLIVEIRA, Heitor Barbosa Lima de. **Introdução ao Conceito de função para Deficientes Visuais com o Auxílio do Computador**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

OLIVEIRA, Marcos. **Crie marcação matemática em HTML com MathML** (2017). Disponível em: <<https://terminalroot.com.br/2017/02/mathml-mathematical-markup-language.html>>. Acesso em: 10/05/2022.

SANTOS, Benedito José. **Plotador Sensorial para Estudantes Cegos: Representações Gráficas para a Exploração de Funções Polinomiais Reais do Primeiro Grau**. Dissertação de Mestrado. Universidade Bandeirantes de São Paulo, São Paulo, 2012.


FRANÇA, T. Cruz; NOGUEIRA, J. Luiz. T. **Minicursos ERSI-2019: VI Escola Regional de Sistema de Informação**. Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Tatiana Ribeiro – CRB-7/6199. UNIGRANRIO, Duque de Caxias - RJ, p. 120-121, 2019. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/livros/index.php/sbc/catalog/download/39/166/336-1?inline=1>>.

SOUZA, Natália Taise de. **Conversando sobre Razão e Proporção: Uma Interação entre Deficientes Visuais, Videntes e uma Ferramenta Falante**. Dissertação de Mestrado. Universidade Anhanguera de São Paulo – São Paulo, 2014.

VALENTE, J. A. **O Computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999. 156 p. Disponível em: <<http://www.nied.unicamp.br/oea/pub/livro1/>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

SEPÚLVEDA, J. F.; FERRES, L. **Improving accessibility to mathematical formulas: the Wikipedia Math Accessor**. New Review of Hypermedia and Multimedia, [S.l.], v. 18, n. 3, p. 183-204, 2012. Doi: <<https://doi.org/10.1080/13614568.2012.702134>>

SHIMAZAKI, M. E.; SILVA, R. C. S.; VIGINHESKI, M.V. , L. **Ensino de Conceitos Matemáticos para Estudante com Deficiência Visual em Situação de Inclusão**. Revista Interfaces da Educação, v. 21, n. 3, p. 250-271, 2019.

TEIXEIRA, Fabrício. **Acessibilidade: como funcionam os leitores de tela**. Disponível em: <<https://brasil.uxdesign.cc/acesibilidade-como-funcionam-os-leitores-de-tela-3d9b610216e1>>. by Fabrício Teixeira | UX Collective  (uxdesign.cc) Acesso em: 22/04/2022.

VYGOTSKY, Lev. Semenovitch. **A formação social da mente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Anhanguera de São Paulo – São Paulo, 2014.

GRAY, James (2007). **ASCIIMathML: now everyone can type MathML**, MSOR Connections, 7 (3): 26–30

PACITTI, Tércio. SonoraMat 1.0: Acessibilidade para matemática. Intervox. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufjf.br/sonorammat/>>. Acesso em: 28/08/2022.

ANEXO I – DOWNLOAD E INSTALAÇÃO DO DOSVOX.

1. Para iniciar a instalação buscaremos na barra de navegação do seu navegador, intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download ou também acessar pelo link nesse documento a seguir: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download>.



— Possibilidades de download —

- [Baixe o Dosvox 6.1 para Windows](#)
- [Atualização de programas específicos do Dosvox](#)
- [Conheça os módulos de síntese de fala compatíveis](#)
- [Baixe a versão MS-DOS \(obsoleta\)](#)

2. Como podemos observar na imagem acima é necessário escolhermos o arquivo para download de acordo com o sistema operacional do computador: no meu caso foi baixado a versão 6.1 para Windows.

— Baixe o Dosvox 6.1 completo —

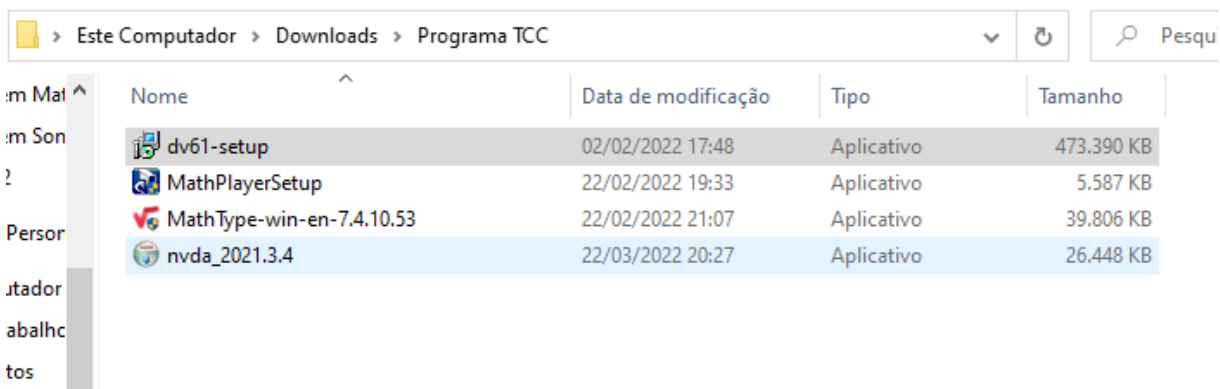
[Baixe o Dosvox 6.1 completo para Windows.](#)

Esta versão contém os principais programas, com seus sons gravados.

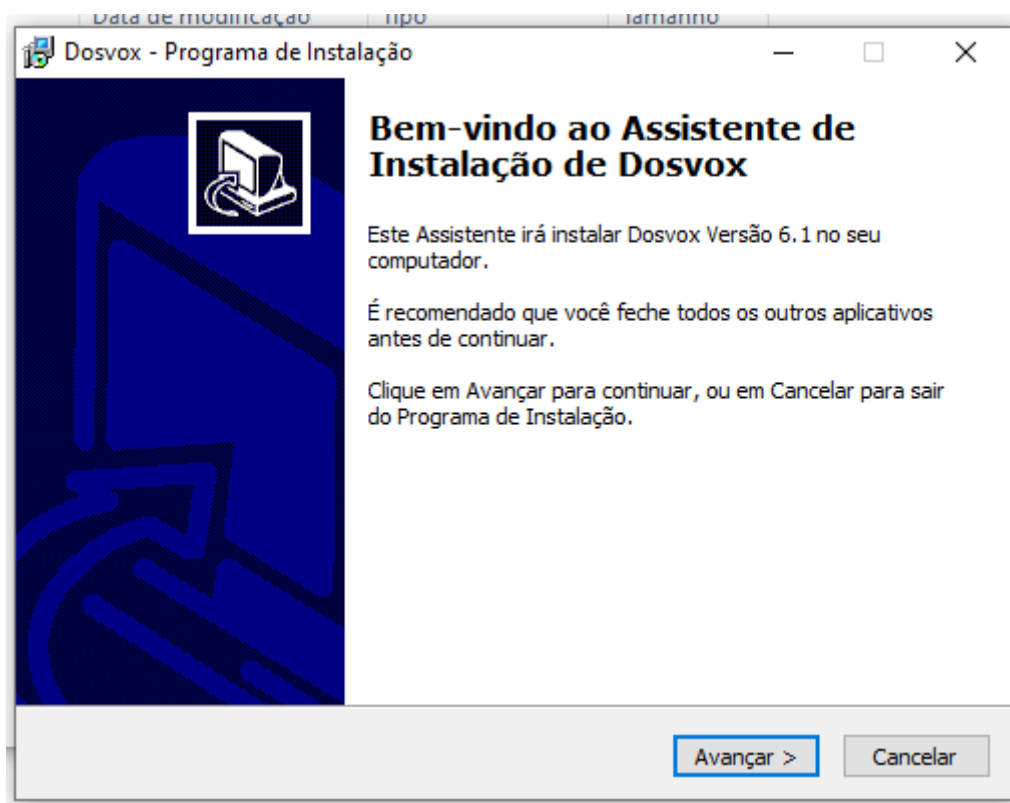
Programas podem ser atualizados individualmente pela opção C A P do dosvox ou através da página <http://intervox.nce.ufrj.br/upgrade>

Execute o arquivo dv61-setup.exe e seu Dosvox estará instalado. Se houver um outro dosvox instalado, esta versão vai superpor a versão antiga. Cuidado: tire uma cópia dos arquivos personalizados (por exemplo, configurações do correio eletrônico), no diretório %appdata%\dosvox, ou eles serão reinicializados.

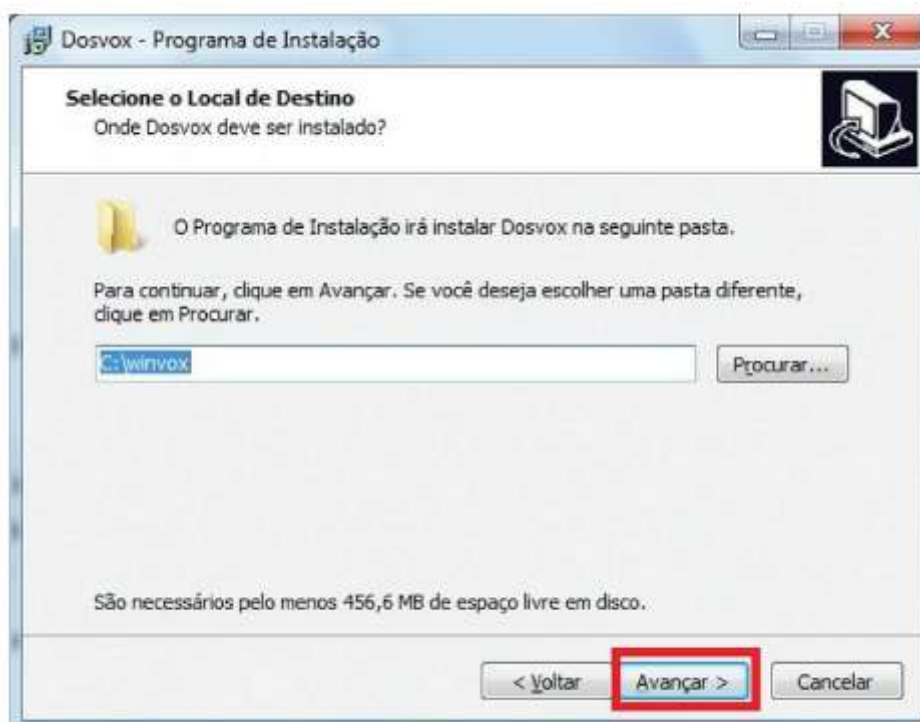
3. Prosseguindo podemos executar o arquivo baixado na pasta física "Download" do computador pelo nome "dv61-setup".



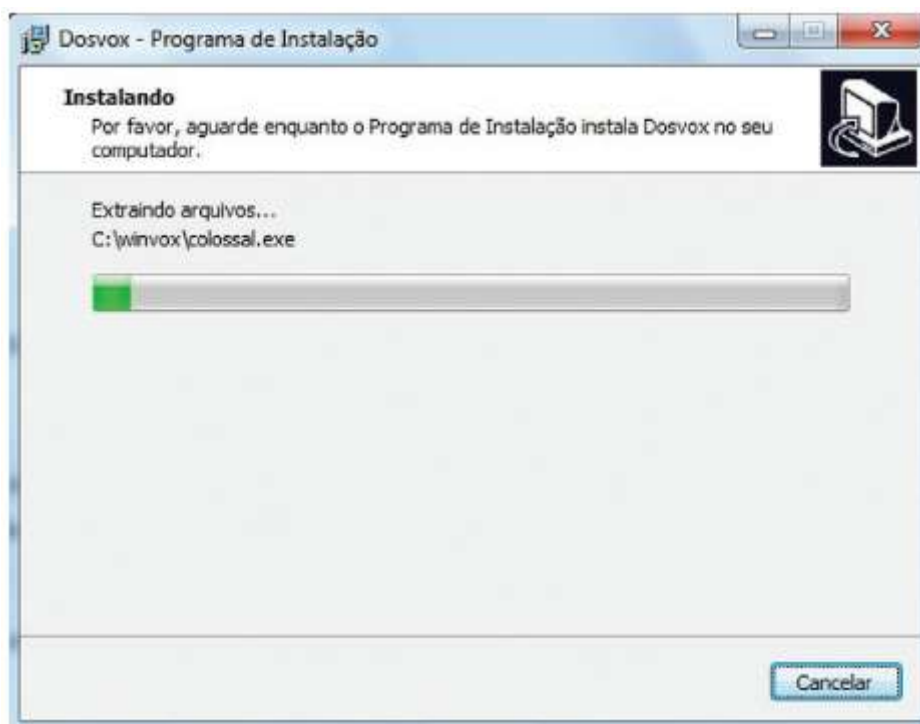
4. E clicamos com o mouse em "Avançar".



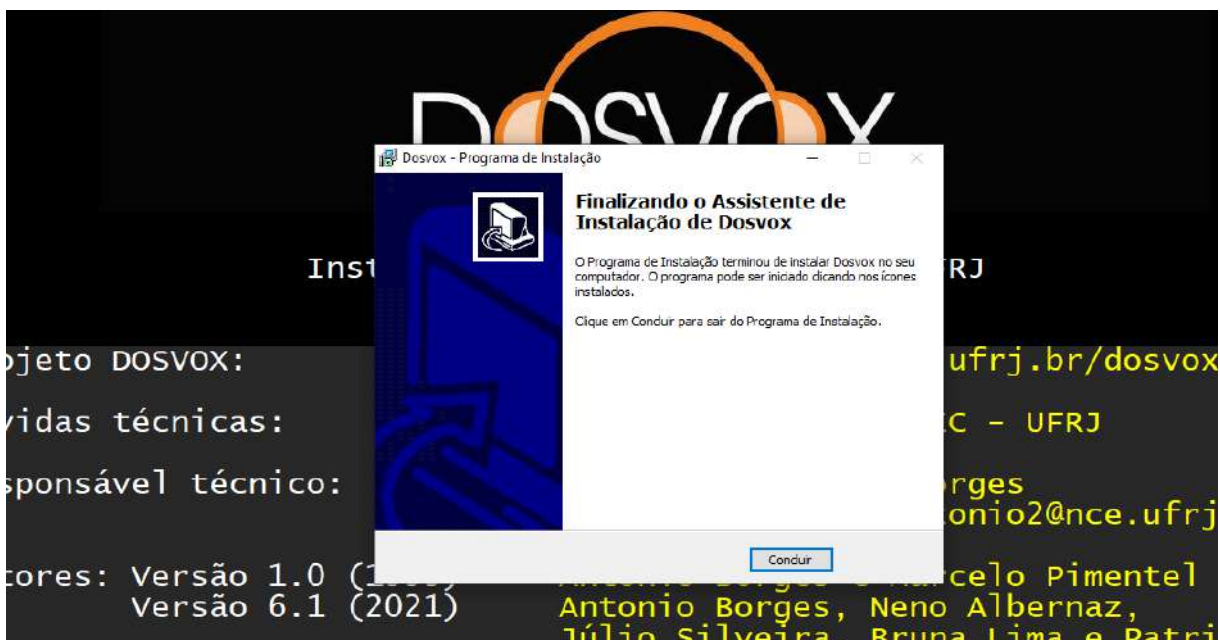
5. Na próxima etapa não devemos alterar o local de instalação da ferramenta, continuando a clicar em "Avançar" novamente.



6. Então em uma barra mostra-lá o processo de carregamento do arquivo, assim é só esperar concluir o processo.

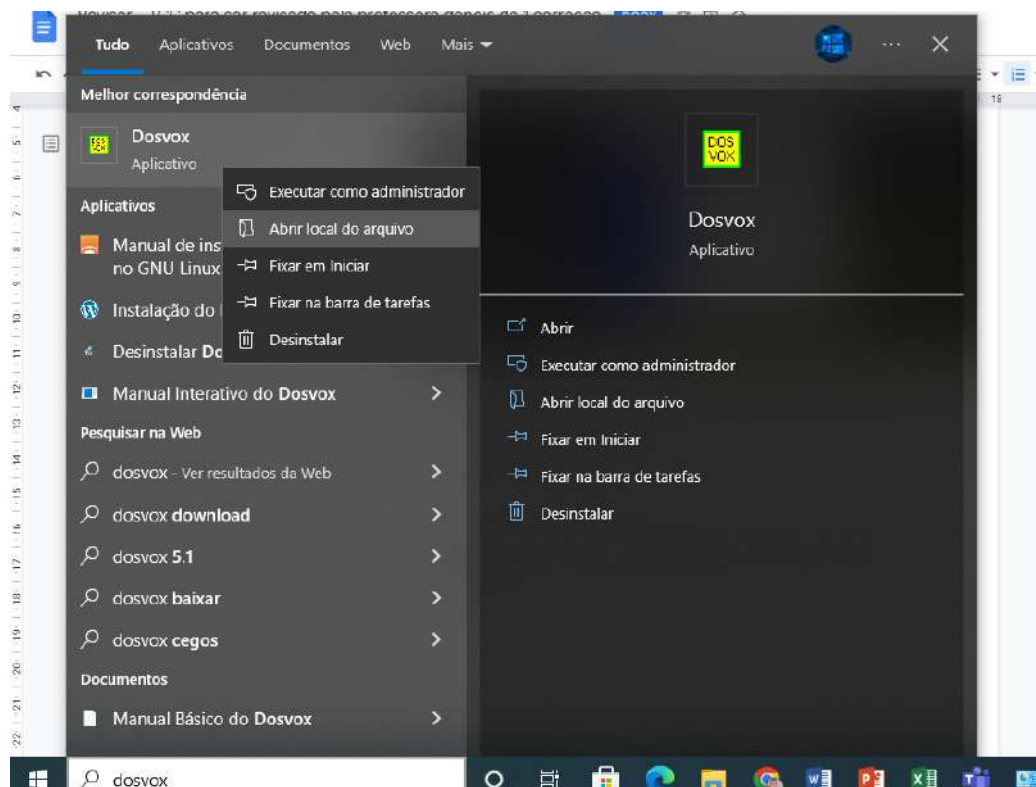


7. Contudo, quando o programa carregar completamente, irá aparecer uma janela em frente da interface da ferramenta DOSVOX e clicaremos em “concluir”, assim ela já estará pronta para ser explorada.

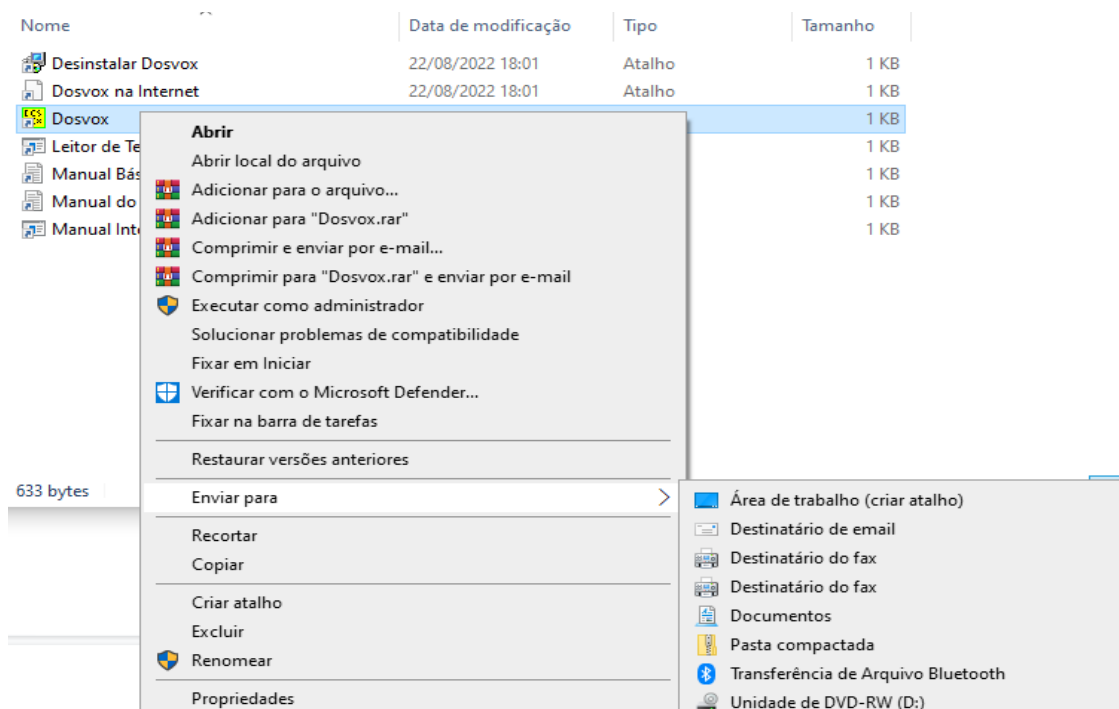


8. A ferramenta automaticamente irá interagir com o usuário falando a frase bem “clichê” - “**DOSVOX - o que você deseja ?**” .

9. Para encontrar o local de instalação da ferramenta, devemos ir na janela inicial do Windows e digitar “dosvox”, com a tecla do lado direito do mouse solicitar “abrir local do arquivo”.




10. Solicitar que seja enviado para a área de Trabalho a ferramenta, para facilitar a execução.



ANEXO II – DOWNLOAD E INSTALAÇÃO DO NVDA.

1. Para iniciar a instalação buscaremos na barra de navegação do seu navegador, www.nvaccess.org/download/ ou também acessar pelo link nesse documento a seguir: <https://www.nvaccess.org/download/>. Nesta página está bem estabelecido que a ferramenta é gratuita e especifica também que se o computador é uma versão muito antiga do sistema operacional como Windows Xp ou vista, recomenda-se que o usuário baixe a versão 2017.3 .



NVDA VERSÃO 2022.2

O leitor de tela NVDA pode ser baixado gratuitamente por qualquer pessoa. Fazemos isso porque acreditamos que todos, especialmente os cegos mais pobres do mundo, merecem acesso a computadores e uma saída para a pobreza. Se você tiver os meios, não importa quão grande ou pequeno, por favor considere fazer uma doação antes de baixar o NVDA. Contamos com doações e subsídios para continuar melhorando o NVDA e para garantir que ele permaneça compatível com a tecnologia em rápida mudança do mundo.

Observe: o NVDA está disponível apenas para PCs com Microsoft Windows 7 SP1 e posterior. Se você precisar de uma versão do NVDA que ainda possa ser executada no Windows XP ou Vista, faça o download do NVDA 2017.3 muito mais antigo para Windows XP. No entanto, o NV Access não recomenda ou suporta a execução desta versão mais antiga em sistemas operacionais mais recentes.

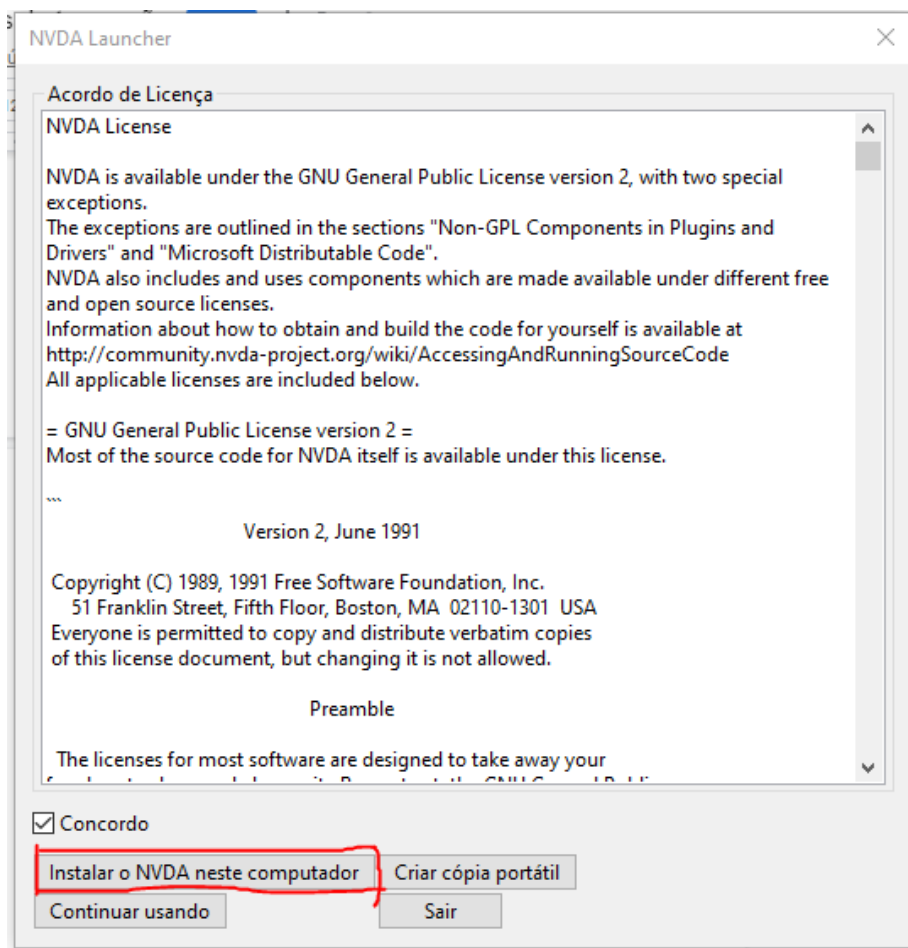
OPÇÕES DE DOAÇÃO

Se você deseja doar, pode fazer um pagamento seguro por cartão de crédito ou por conta do PayPal. Os valores estão em dólares australianos (AUD). Doações australianas acima de US\$ 2.00 são dedutíveis de impostos.

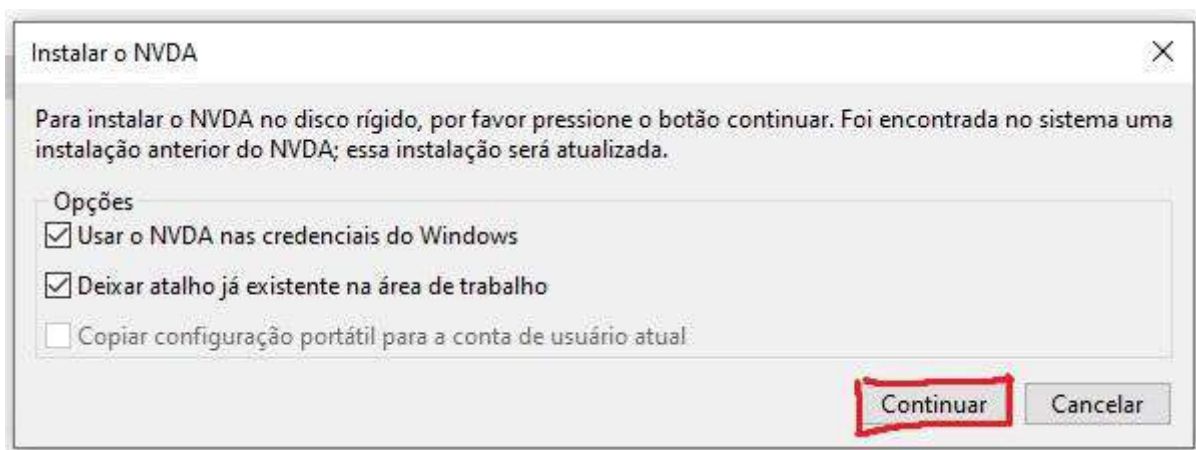
2. Como na imagem a seguir clicaremos na palavra “download” para baixar o arquivo setup da ferramenta na pasta física de downloads do nosso computador, não é necessário escolher especificamente a versão de 32 ou 64 bits.

DOWNLOAD

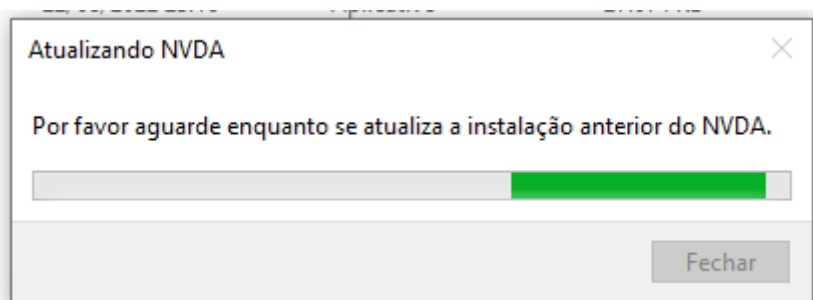
3. Podemos então executar o arquivo setup “nvda_2022.exe”. Assim abrirá de imediato uma janela, solicitando se concorda ou não com os termos de licença da ferramenta e devemos clicar em “instalar o NVDA neste computador”



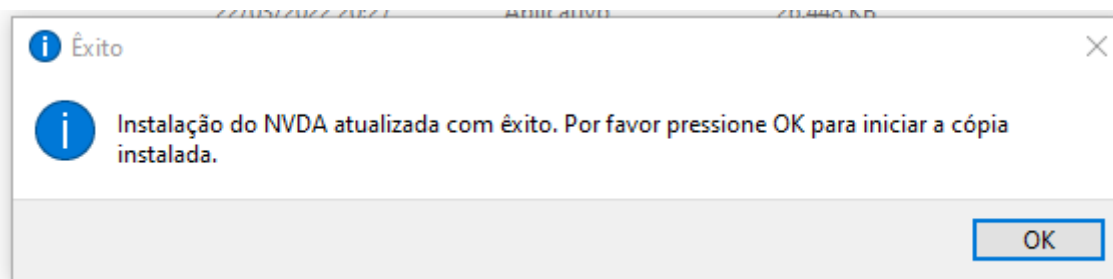
4. Posteriormente devemos selecionar as duas caixinhas de opções como na imagem abaixo e clicar em continuar.



5. Aguardamos o processo de instalação ser concluído.



6. Assim, aparecendo esta informação na tela do computador como na imagem, temos que a ferramenta já esteja apta para ser usada e automaticamente ela já interage com o usuário por comando de vozes e lendo toda a tela da página do desktop do computador.



ANEXO III – SIMBOLOGIAS E EXPRESSÕES USADAS EM ASCIIMATH.

| Type | TeX alt | See | Type | TeX alt | See | Type | TeX alt | See |
|------|---|-------------|------------|-------------------------|---------------|------|-----------------------|-------------|
| + | | + | 2/3 | <code>frac(2){3}</code> | $\frac{2}{3}$ | = | | = |
| - | | - | 2^3 | | 2^3 | != | <code>ne</code> | \neq |
| * | <code>cdot</code> | · | sqrt x | | \sqrt{x} | < | <code>lt</code> | < |
| ** | <code>ast</code> | * | root(3)(x) | | $\sqrt[3]{x}$ | > | <code>gt</code> | > |
| *** | <code>star</code> | * | int | | \int | <= | <code>le</code> | \leq |
| // | | / | oint | | \oint | >= | <code>ge</code> | \geq |
| \ | <code>backslash</code> <code>setminus</code> | \ | del | <code>partial</code> | ∂ | <- | <code>prec</code> | \prec |
| xx | <code>times</code> | × | grad | <code>nabia</code> | ∇ | <=> | <code>preceq</code> | \preceq |
| ÷ | <code>div</code> | ÷ | + - | <code>pm</code> | \pm | >- | <code>succ</code> | \succ |
| <> | <code>ltimes</code> | ⋈ | ∅/ | <code>emptyset</code> | \emptyset | >= | <code>succeq</code> | \succeq |
| >< | <code>rtimes</code> | ⋈ | ∞ | <code>infty</code> | ∞ | in | | \in |
| >< | <code>bowtie</code> | ⋈ | aleph | | \aleph | lin | <code>notin</code> | \notin |
| @ | <code>circ</code> | ° | ∴ | <code>therefore</code> | \therefore | sub | <code>subset</code> | \subset |
| ⊕ | <code>oplus</code> | ⊕ | ∵ | <code>because</code> | \because | sup | <code>supset</code> | \supset |
| ⊗ | <code>otimes</code> | ⊗ | ... | <code> dots </code> | ... | sube | <code>subseteq</code> | \subseteq |
| ⊙ | <code>odot</code> | ⊙ | cdots | | ... | supe | <code>supseteq</code> | \supseteq |
| ∑ | <code>sum</code> | Σ | vdots | | ∴ | = | <code>equiv</code> | \equiv |
| ∏ | <code>prod</code> | Π | ∴ | | ∴ | ≈ | <code>approx</code> | \approx |
| ∧ | <code>wedge</code> | ∧ | ∴ | | ∴ | prop | <code>propto</code> | \propto |
| ∧ | <code>bigwedge</code> | \bigwedge | ∴ | | ∴ | | | |
| ∨ | <code>vee</code> | ∨ | | | | | | |
| ∨ | <code>bigvee</code> | \bigvee | quad | | | | | |
| ∩ | <code>cap</code> | ∩ | ∠ | <code>angle</code> | ∠ | | | |

| | | | |
|------|------|---------------|------|
| ++ | -- | · * | * ** |
| / // | \ // | × xx or times | |
| ° @ | ⊕ ⊕+ | ⊗ ox | ⊙ o. |
| ∧ ^^ | ∨ vv | ∩ nn | ∪ uu |

| | | | |
|-------|--------|-------|--------|
| ∑ sum | ∏ prod | ∧ ^^ | ∨ vv |
| ∩ nnn | ∪ uuu | ∫ int | ∮ oint |

Note: superscripts and subscripts displayed above and below for big operators e.g. $\sum_i=1^n$.

| | | | |
|-----------|--------|-------|-------|
| = = | ≠ != | << | >> |
| ≤ <= | ≥ >= | <<< | >>> |
| ∈ in | ∉ lin | ⊂ sub | ⊃ sup |
| ⊆ in sube | ⊇ supe | ≡ = | ≠ != |
| ≈ ~ | ∝ prop | | |

| | | | |
|---------|---------|-------|------|
| and and | or or | ¬ not | ⇒ => |
| if if | iff iff | ∀ AA | ∃ EE |
| ⊥ ⊥ | ⊤ ⊤ | ⊢ -- | ⊨ == |

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ((|)) | [[|]] |
| { { | } } | < (|) : |

| | | | |
|--------------|----------|---------|---------|
| ∂ del | ∇ grad | = +- | ∅ O/ |
| ∞ oo | ℵ aleph | ∠ / | ∴ ∴ |
| ... or ldots | ⋯ cdots | ∴ vdots | ∴ ddots |
| ◊ diamond | □ square | | |
| ⌊ | ⌋ | ⊂ CC | ⊃ CC |
| ℕ NN | ℚ QQ | ℝ RR | ℤ ZZ |

| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| sin sin | cos cos | tan tan |
| csc csc | sec sec | cot cot |
| sinh sinh | cosh cosh | tanh tanh |
| log log | ln ln | det det |
| lim lim | mod mod | gcd gcd |
| | min min | max max |

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|------------|
| x^ hat x | x~ bar x | x→ vec x | x. dot x | x.. ddot x |
|----------|----------|----------|----------|------------|

| | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| → rarr or -> | ← larr | ↔ harr | ↑ uarr | ↓ darr |
| ⇒ rArr | ⇐ lArr | ⇔ hArr | ⇨ > | |

| | | |
|--------|---------|--------|
| A bb A | □ bbb A | □ cc A |
| A tt A | □ fr A | A sf A |

| | | | |
|-----------|--------------|----------|---------|
| α alpha | β beta | γ gamma | δ delta |
| ε epsilon | ε varepsilon | ζ zeta | η eta |
| θ theta | ϑ vartheta | ι iota | κ kappa |
| λ lambda | μ mu | ν nu | ξ xi |
| π pi | ρ rho | σ sigma | τ tau |
| υ upsilon | φ phi | φ varphi | χ chi |
| ψ psi | ω omega | | |

| | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| Γ Gamma | Δ Delta | Θ Theta | Λ Lambda |
| Ξ Xi | Π Pi | Σ Sigma | Φ Phi |
| Ψ Psi | Ω Omega | | |