

# O Efeito das Expressões Faciais: O Reconhecimento da Compreensão dos Discentes em Ambientes Educacionais Online Atráves de Vídeo-Aulas

1<sup>st</sup> Janaine Ferreira dos Santos

*Estudante do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Computação (IC)*

*Universidade Federal de Alagoas (UFAL)*

CEP 57.072-970 – Maceió – AL – Brazil

jfs1@ic.ufal.br

**Abstract**—The objective of this research is to examine whether students' facial expressions through video lessons in online educational environments are a tool for the teacher to interpret students' level of understanding in the virtual classroom and also identify the impact of facial expressions during class and the level of understanding demonstrated by these expressions. Our objective is in this work we proposed a study aiming to collect the facial expressions of students, analyze and identify some video classes with mathematical content and extract from this the expressions of individuals during the online class, in addition to ensuring the student's presence and propose to the teacher good practices for teachers in creating video classes to promote learning. The experimentation was carried out through a survey, which involves quantitative observations of teachers in the classroom, in which student behaviors were recorded and analyzed and helped to bring about improvements in the production of video classes in online educational environments.

**Keywords:** Facial expression, online, video classes, technology in education.

**Resumo** - O objetivo desta pesquisa é examinar se a expressão facial dos alunos por meio de vídeo-aulas em ambientes educacionais online é uma ferramenta para o professor interpretar o nível de compreensão dos alunos em sala de aula virtual e também identificar o impacto das expressões faciais durante a aula e o nível de compreensão demonstrado por essas expressões. Nosso objetivo é neste trabalho propusemos um estudo visando a coletar as expressões faciais dos discentes com isso, analisar e identificar algumas vídeo-aulas de conteúdo matemático e tirar a partir disso as expressões dos indivíduos durante a aula online, além de garantir a presença do aluno e propor ao professor boas práticas para docentes na construção de vídeos-aulas para favorecer o aprendizado. A experimentação foi feita por meio de levantamento, que envolve observações quantitativas dos docentes em sala de aula, em que os comportamentos dos alunos foram registrados e analisados e assistir trazer melhoria nas produções de vídeo-aulas em ambientes educacionais online.

**Palavras-chave:** Expressão facial, online, vídeo-aulas, tecnologia na educação.

## I. INTRODUÇÃO

A educação durante a pandemia da COVID-19 foi marcada por desafios inéditos, mas também por uma notável capacidade de adaptação e inovação. A pandemia alterou drasticamente a educação, com o aumento característico do e-learning, em que o ensino é ministrado à distância, através de plataformas digitais. Especialmente na educação on-line, o envolvimento dos alunos é considerado um pré-requisito necessário para a aprendizagem [1]. Por esta razão, a compreensão do envolvimento dos alunos neste contexto é importante para melhorar a aprendizagem e também o ensino, uma vez que pode permitir detectar problemas com o material do curso, tanto em termos de conteúdo como de apresentação.

Apesar das dificuldades, diversas estratégias foram adotadas para aumentar o engajamento dos alunos na educação a distância. Aulas interativas se tornaram essenciais. Professores e instrutores passaram a utilizar ferramentas como quizzes em tempo real, debates online e atividades colaborativas em grupo para manter os alunos ativos e envolvidos. O feedback constante e personalizado também se torna uma prática eficaz, ajudando a manter a motivação e a orientar o progresso dos estudantes.

A diversidade de recursos educacionais, como vídeos, podcasts, artigos e jogos educativos, tornou o aprendizado mais dinâmico e atrativo. Sessões de tutoria individual ou em pequenos grupos fornecem suporte adicional, abordando dificuldades específicas dos alunos. Flexibilizar o cronograma das atividades permite que os estudantes completem as tarefas em seu próprio ritmo, acomodando diferentes necessidades e realidades.

O envolvimento dos alunos foi definido de várias maneiras, no entanto, os estudiosos o identificaram amplamente como um construto que contém três componentes: comportamento, emoção e cognição [2]. O envolvimento comportamental refere-se à participação numa atividade (ou seja, o aluno completando uma tarefa), o envolvimento emocional refere-se às respostas afetivas ou sentimentos dos alunos em relação aos professores, aos colegas, ao curso e à aprendizagem,

enquanto o envolvimento cognitivo refere-se ao pensamento específico da tarefa que um aluno emprega enquanto exerce uma atividade [3].

Visto isso, esse trabalho relata as experiências durante a disciplina de Processamento de Imagem do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Neste estudo, a hipótese principal da primeira etapa propôs que a expressão facial seja o modo de comunicação não verbal amplamente utilizado pelos alunos em sala de aula, o que por sua vez ajuda os professores a identificar a compreensão dos alunos. A segunda etapa propôs que as expressões faciais por meio das unidades de ação (Olhos, Boca, Sobrancelhas e Testa) auxiliassem os docentes a identificar o envolvimento e a compreensão dos alunos em sala de aula durante a aula expositiva. A terceira etapa propôs que as expressões do aluno estejam significativamente correlacionadas com suas emoções, que por sua vez identificam seu nível de compreensão.

Além disso, a pesquisa realizada com o público-alvo no ensino superior, especificamente em alunos dos cursos de ciências exatas da UFAL. O trabalho está organizado da seguinte forma. A primeira parte com um formulário Google a respeito dos conhecimentos prévios dos estudantes; a segunda parte composta por três vídeo-aulas sobre sistemas lineares e a terceira parte com mais um formulário a respeito dos vídeos e suas opiniões sobre o uso de vídeo-aulas nas aulas de exatas e a significância do estudo foi interpretada estatisticamente para assim gerar para o professor qual o modelo de vídeo-aulas "perfeito" para aumentar o engajamento dos discentes.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. As seções principais são a seção de motivação, metodologia, os resultados e discussões. A conclusão e as orientações para trabalhos futuros são brevemente.

## II. MOTIVAÇÃO

### A. A sala de aula virtual

Uma sala de aula virtual [4] é o uso de vídeo, áudio e outras tecnologias para simular a aula tradicional e o ambiente de aprendizagem o mais próximo possível. Os ambientes virtuais podem ser usados para uma infinidade de fins pedagógicos [5], como a educação à distância.

A Educação Virtual [6] refere-se à instrução em um ambiente de aprendizagem onde professor e aluno estão separados por tempo ou espaço, ou ambos, e o professor fornece o conteúdo do curso por meio de aplicativos de gerenciamento de curso, recursos multimídia, Internet, videoconferência, etc. O conteúdo e comunicar com o professor através das mesmas tecnologias.

O designer das vídeo-aulas descreve os elementos e seus recursos incorporados nos vídeos. Isso pode influenciar significativamente as respostas dos alunos e o desempenho da aprendizagem [11]. Esse designer de vídeo-aulas de alta qualidade aumentará a atratividade das vídeo-aulas, que podem posteriormente estimular os alunos e engajar e envolver os discentes para alcançar, o melhor desempenho e aumente a sua satisfação com o curso.

### B. Expressões Faciais

A interação professor-aluno desempenha um papel vital em qualquer ambiente de sala de aula [7]. O impacto devido à comunicação do rosto é muito poderoso na interação. Os rostos são ricos em informações sobre a identidade individual, mas também sobre o humor e o estado mental, sendo janelas acessíveis para os mecanismos que regem as nossas emoções. Estudos revelam que a forma mais expressiva como os humanos demonstram emoções é através das expressões faciais. As expressões faciais são a principal fonte de informação, depois das palavras, na determinação dos sentimentos internos de um indivíduo.

Expressões momentâneas que sinalizam emoções incluem movimentos musculares como levantar as sobrancelhas, franzir a testa, revirar os olhos ou curvar os lábios [8]. Quando os alunos estão se sentindo desconfortáveis, eles podem ter sobrancelhas abaixadas, sobrancelhas unidas, rugas horizontais ou verticais na testa e ter dificuldade em manter contato visual.

A detecção de pontos de referência faciais (como posição da testa, olhos, nariz, boca, etc.) desempenha um papel importante nos sistemas de reconhecimento facial [9], pois atuam como unidades de ação do rosto, que determinam a denotação por trás das expressões [10] indicadas por eles. O reconhecimento de emoções a partir de expressões faciais envolve a tarefa de categorizar expressões faciais ativas e espontâneas para extrair informações sobre os estados emocionais subjacentes.

O envolvimento do aluno tem sido o tema-chave na literatura educacional desde a década de 1980. Dessa forma, o principal interesse inicial no envolvimento foi impulsionado em parte por preocupações sobre as grandes taxas de abandono escolar. Conforme, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, estudantes não conseguiram terminar o Ensino Médio no Brasil, em 2023, destes 58,1% são homens e 41,9% são mulheres Na sequência, aparece a falta de interesse nos estudos, com 23,5% [15].

Hoje em dia, promover o envolvimento dos alunos é relevante não apenas nas salas de aulas tradicionais, mas também em outros ambientes de aprendizagem, como jogos educativos, sistemas de tutoria inteligente e cursos online massivamente abertos (MOOCs). Com isso, a nossa proposta de estudo visa reconhecer quais as correlações entre as vídeo-aulas em ambientes online, suas expressões faciais e como podemos melhorar as vídeo-aulas dos docentes, de modo a proporcionar o maior envolvimento e engajamento dos seus alunos.

## III. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foi realizado um estudo de observação das expressões faciais dos alunos dos cursos de ciências exatas, especificamente dos cursos de matemática (licenciatura e bacharelado) e engenharia química. O objetivo desta pesquisa é examinar se a expressão facial dos alunos é uma ferramenta para o professor interpretar o nível de compreensão dos alunos em sala de aula virtual e também identificar o impacto das expressões faciais durante a aula e o nível de compreensão demonstrado por essas expressões, além de proporcionar medidas que o professor deve tomá-las.

Para coleta de dados para o estudo, é realizada uma pesquisa por meio da técnica de amostragem estratificada com questionários. O questionário é elaborado e coletados em entrevistas/aulas online com 11 estudantes de graduação na faixa de etária de 22 a 27 anos. Outras informações foram esclarecidas oralmente aos discentes, durante o desenvolvimento da pesquisa. Os discentes assistiram três vídeo-aulas sobre sistemas lineares, assunto básico de álgebra linear durante a graduação.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### A. Conhecimentos Prévios: formulário 1

A primeira etapa da pesquisa realizamos perguntas em um formulário 1 para conhecer os estudantes, conforme abaixo:

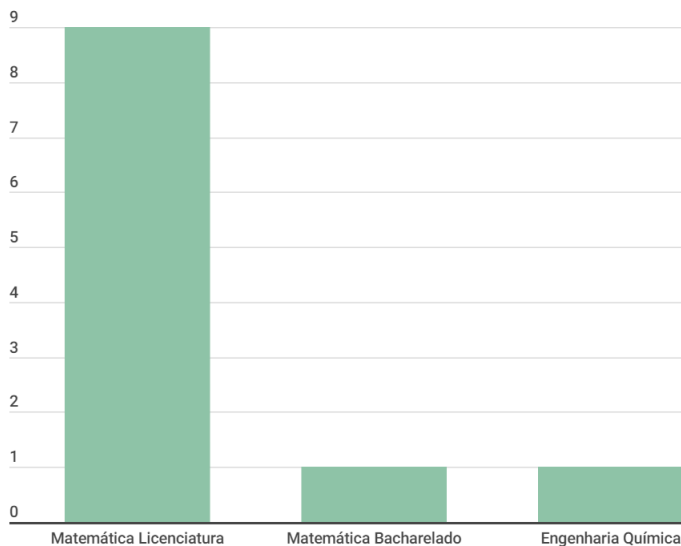
- (Q1) Nome Completo, Matrícula, Curso e Período;
- (Q2) Há quanto tempo você terminou o Ensino Médio? E qual ano?;
- (Q3) Você gosta/gostou dos conteúdos de álgebra linear ministrados durante a graduação?;
- (Q4) Descreva sua opinião sobre a metodologia dos docentes nas disciplinas de exatas (cálculo, álgebra, física, entre outras);
- (Q5) Sobre a metodologia do uso de vídeo-aulas nas aulas você considera importante?;
- (Q6) Durante a pandemia, você estudou por vídeo-aulas? (podendo ser elaborado pelo professor(a) da disciplina ou algum canal de matemática no YouTube);
- (Q5) Descreva como essas vídeo-aulas ministradas por o(a) professor(a) ou por canais no YouTube te ajudou e porque você pensou em utilizar esse recurso.

Dessa forma, obtivemos os seguintes resultados: a turma é composta por 81,8% por alunos dos cursos de matemática licenciatura, 9,1% ambos dos cursos de matemática bacharelado e engenharia química, figura 1. Com 72,7% terminaram o ensino médio a mais de 5 anos.

Sobre a metodologia dos docentes da forma tradicional realizadas em sala de aulas, os participantes relataram:

- (Aluno01) Regular - A forma como alguns dos professores administram as aulas deixa um pouco a desejar.
- (Aluno02) A metodologia é muito tradicional e fechada, contando sempre com a mesma dinâmica, sendo de explicação oral e aplicação de exercícios sem muita relação com o real ou aplicações.
- (Aluno03) Na maioria dos casos foram boas, apesar de que a metodologia na matemática não varia muito. Em outros casos, alguns docentes se pareciam perdidos nas disciplinas que ministravam, pois não faziam plano de aula e nem tinham noção de qual metodologia aplicar.
- (Aluno04) Um tanto rígida quanto a preocupação do entendimento do aluno acerca do assunto.
- (Aluno05) Em geral, foram aulas tradicionais sem ferramentas facilitadoras, como o uso de tecnologias para relacionar os conceitos estudados com suas representações geométricas ou cotidianas.

Fig. 1: Quantidade de estudantes por curso



Elaboração da autora, 2024.

(Aluno06) Alguns docentes usam uma metodologia muito boa, outros nem tanto. O que tenho a falar sobre os que usam a boa é que concordo. Exemplo: cálculo 1 e álgebra linear quando paguei, a metodologia era perfeita. A professora tinha todo o cronograma explicativo de cada aula e isso ajuda muito o discente no decorrer da disciplina. Tinha também vídeo aulas no canal do YouTube que eram simplesmente perfeitos e ajudaram muito na hora da compreensão. Já os que não usam uma metodologia tão agradável como: somente a aula em sala. Não pratica exercícios, não tem um momento disponível para o aluno, isso complica muito o desenvolvimento, acredito eu.

Podemos observar que o método tradicional é muito importante, para proporcionar o engajamento em suas aulas. O uso de recursos tecnológicos é de sua importância e é dever do educador planejar e desenvolver a melhor maneira de adequar esta tecnologia aos seus métodos de ensino, por esse motivo que cada docente pode encontrar sua forma mais adequada de integrar as várias tecnologias e os muitos procedimentos metodológicos. Mas também é importante que amplie que aprenda a dominar as formas de comunicação interpessoal/grupal e as de comunicação audiovisual/telemática [16].

Com o percentual de 82% os entrevistados relatam que consideram importante utilizar vídeo-aulas como um recurso em suas aulas e que durante a pandemia do Covid-19 as vídeo-aulas dos professores e playlists do YouTube também foram de suma importância, como afirma o participante aluno11: "Todas as aulas eram transmitidas de forma remota, algumas delas podendo ter o conteúdo salvo para ser revisto quantas vezes fosse necessário e as anotações salvas facilitando os estudos posteriormente, assim poderia ficar apenas na explicação da aula, resultando numa melhor qualidade do aprendizado", em contrapartida, também é necessário o pro-

fessor utilizar de maneira correta, como afirma o participante *aluno09*: "Para ser bem sincera, ajudou e não ajudou. Apesar de assinalar em cima que acredito ser importante as vídeo-aulas, alguns docentes não sabiam ou não queriam ministrar uma aula descente. Me ajudou porque eu estudava depois da aula on-line, aí ficou mais "fácil" a compreensão. Mas que é um pouco cansativo ficar horas e horas assistindo.". Isso significa que ainda que a tecnologia possa ser utilizada de maneira a facilitar a absorção de um conteúdo, não descarta a responsabilidade do professor, que tem o papel de personalizar este meio, de modo a conseguir melhores resultados quanto a compreensão do conteúdo por seus discentes.

As tecnologias da comunicação não substituem o professor, mas modificam algumas das suas funções. A tarefa de passar informações pode ser deixada aos bancos de dados, livros, vídeos, programas em CD. O professor se transforma agora no estimulador da curiosidade do aluno por querer conhecer, por pesquisar, por buscar as informações mais relevantes. Num segundo momento, coordena o processo de apresentação dos resultados pelos alunos. Depois, questiona alguns dos dados apresentados, contextualiza os resultados, adapta-os à realidade dos alunos, questiona os dados apresentados. Transforma informação em conhecimento e conhecimento em saber, em vida, em sabedoria – o conhecimento com ética [17].

Quando se usa tecnologia em sala de aula, nivelar o aprendizado entre todos os alunos pode ser mais simples. Ao respeitar o ritmo de aprendizagem de cada um, o professor pode oferecer uma aula na qual o aluno participa ativamente. Essas novas tecnologias trouxeram grande impacto sobre a Educação, criando novas formas de aprendizado, disseminação do conhecimento e especialmente, novas relações entre professor e aluno [18].

## B. A aula online: formulário 2

A segunda etapa iniciamos com as vídeo-aulas sobre sistemas lineares, playlist disponível. O primeiro vídeo, "Sistemas Lineares - Quer que desenhe, canal Descomplica", possui 6 minutos e 24 segundos, um vídeo curto sem a presença do professor, apenas com a voz e bem animado com cores e macetes. O segundo vídeo, "Entendendo Sistemas Lineares - Ep.01, canal Professor Julio Lombardo", possui 21 minutos e 57 segundos, apenas com a voz do professor e vídeo com gráficos e equação animados. Os sistemas lineares envolvem equações que representam retas no plano ou planos no espaço, cuja interseção define a solução, sistemas com variáveis livres possuem infinitas soluções, enquanto sistemas paralelos não possuem solução. Além de apresentar problemas do cotidiano. O terceiro vídeo, "Aula Matemática - Sistemas Lineares - Introdução", canal Stoodi, possui 14 minutos e 32 segundos, contando com a presença do professor, quadrão e giz.

Para a etapa da coleta dos vídeos e imagens dos rostos dos participantes foi utilizado o Google Meet para exibição das vídeo-aulas. Dessa forma, toda nossa base de dados está disponível para acesso. Ao total das três vídeo-aulas

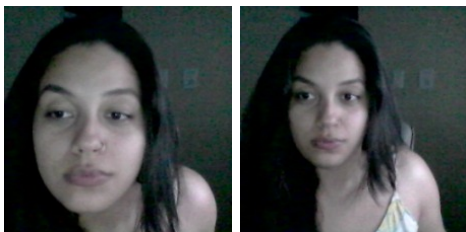
obtemos 33 vídeos e 1.173 imagens capturadas pela webcam do computador com 700 de frequência por frame.

Utilizamos um script Python que usa a biblioteca OpenCV para extrair frames dos vídeos e salvá-los como imagens em uma pasta especificada.

```
1 import cv2
2 import os
3
4 def video_to_images(video_path, output_folder,
5                     frame_interval=1):
6     """
7     Extraí frames de um vídeo e salva como imagens
8     em uma pasta de saída.
9
10    Args:
11        video_path (str): Caminho para o arquivo de
12        vídeo.
13        output_folder (str): Caminho para a pasta de
14        saída.
15        frame_interval (int, optional): Intervalo
16        entre os frames salvos. Padrão 1 (todos os
17        frames).
18
19    Returns:
20        None
21    """
22    try:
23        # Cria a pasta de saída se não existir
24        if not os.path.exists(output_folder):
25            os.makedirs(output_folder)
26
27        # Abre o vídeo
28        video_capture = cv2.VideoCapture(video_path)
29        if not video_capture.isOpened():
30            print("Erro ao abrir o vídeo.")
31            return
32
33        frame_count = 0
34        saved_frame_count = 0
35
36        while True:
37            ret, frame = video_capture.read()
38
39            if not ret:
40                break
41
42            if frame_count % frame_interval == 0:
43                # Nome da imagem com base no número
44                do frame
45                img_name = os.path.join(
46                    output_folder, f"frame_{saved_frame_count:04d}.
47                    jpg")
48                cv2.imwrite(img_name, frame)
49                saved_frame_count += 1
50
51                frame_count += 1
52
53            video_capture.release()
54            print(f"Frames extraídos e salvos em {
55                output_folder}")
56
57    except Exception as e:
58        print(f"Erro: {str(e)}")
59
60 # Exemplo de uso
61 video_path = '/content/pedro_1.mp4'
62 output_folder = '/content/Pasta01'
63 frame_interval = 1 # Salva todos os frames
64 video_to_images(video_path, output_folder,
65                 frame_interval)
```

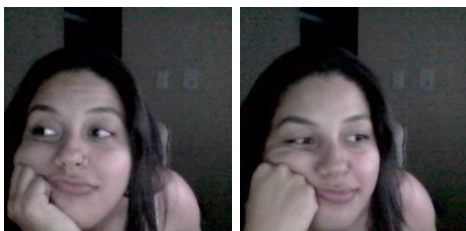
Com as imagens especificadas dividimos o "Prestar atenção" do discente em quatro categorias:

- Prestando Atenção de 75% a 100% e seguimos na seguinte classificação de frames com 19 imagens:



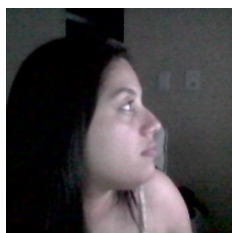
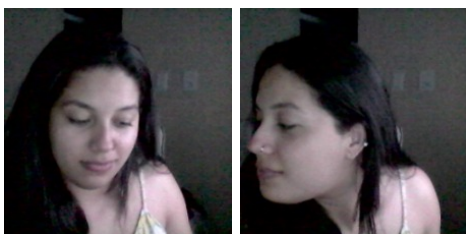
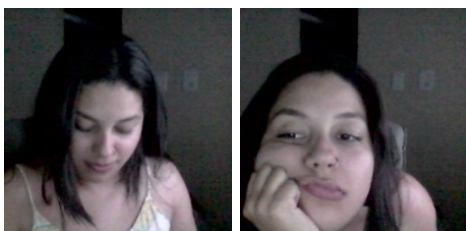
Elaboração da autora, 2024.

- Prestando Atenção de 50% a 75% e seguimos na seguinte classificação de frames com 21 imagens:



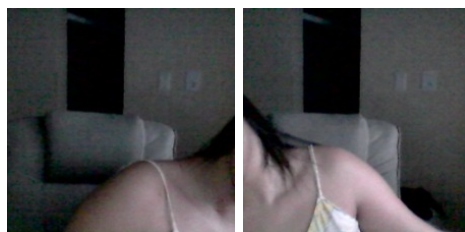
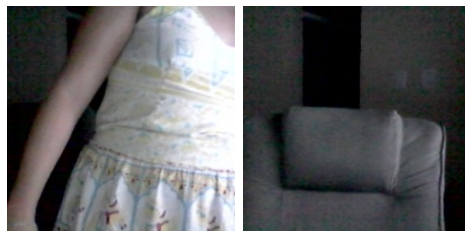
Elaboração da autora, 2024.

- Prestando Atenção de 25% a 50% e seguimos na seguinte classificação de frames com 25 imagens:



Elaboração da autora, 2024.

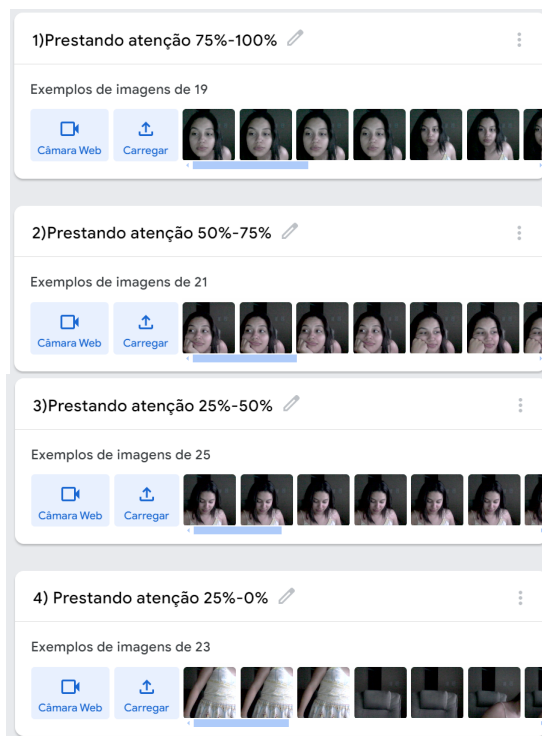
- Prestando Atenção de 25% a 0% e seguimos na seguinte classificação de frames com 23 imagens:



Elaboração da autora, 2024.

Dessa forma, utilizamos a Teachable Machine uma plataforma da Google que permite que as pessoas criem as suas próprias redes neurais de aprendizagem profunda sem precisar de escrever código. Dito isso, anexamos as imagens criando classes "Prestando Atenção", figura 2

Fig. 2: Teachable Machine



Elaboração da autora, 2024.



Havendo o treinamento do modelo com o seguinte código carrega um modelo de machine learning treinado com Keras e TensorFlow, e usa esse modelo para classificar uma imagem fornecida.

```
1 from keras.models import load_model # TensorFlow is
   required for Keras to work
2 from PIL import Image, ImageOps # Install pillow
   instead of PIL
3 import numpy as np
4
5 # Disable scientific notation for clarity
6 np.set_printoptions(suppress=True)
7
8 # Load the model
9 model = load_model("keras_Model.h5", compile=False)
10
11 # Load the labels
12 class_names = open("labels.txt", "r").readlines()
13
14 # Create the array of the right shape to feed into
   the keras model
15 # The 'length' or number of images you can put into
   the array is
16 # determined by the first position in the shape
   tuple, in this case 1
17 data = np.ndarray(shape=(1, 224, 224, 3), dtype=np.
   float32)
18
19 # Replace this with the path to your image
20 image = Image.open("<IMAGE_PATH>").convert("RGB")
21
22 # resizing the image to be at least 224x224 and then
   cropping from the center
23 size = (224, 224)
24 image = ImageOps.fit(image, size, Image.Resampling.
   LANCZOS)
25
26 # turn the image into a numpy array
27 image_array = np.asarray(image)
28
29 # Normalize the image
30 normalized_image_array = (image_array.astype(np.
   float32) / 127.5) - 1
31
32 # Load the image into the array
33 data[0] = normalized_image_array
34
35 # Predicts the model
36 prediction = model.predict(data)
37 index = np.argmax(prediction)
38 class_name = class_names[index]
39 confidence_score = prediction[0][index]
40
41 # Print prediction and confidence score
42 print("Class:", class_name[2:], end="")
43 print("Confidence Score:", confidence_score)
```

Criando um array numpy com a forma esperada pelo modelo: um lote de imagens com 1 imagem de 224x224 pixels e 3 canais de cor (RGB). Em seguida, abre a imagem no caminho especificado, converte para RGB e redimensiona para 224x224 pixels, mantendo o centro da imagem e converte a imagem em um array numpy e normaliza os valores dos pixels para o intervalo [-1, 1]. Testando, obtemos:

Fig. 3: Prestando Atenção de 25% a 50%

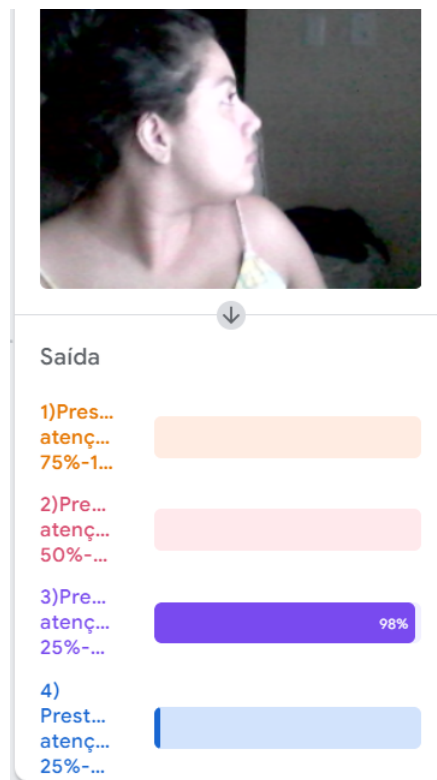


Fig. 4: Prestando Atenção de 50% a 75%

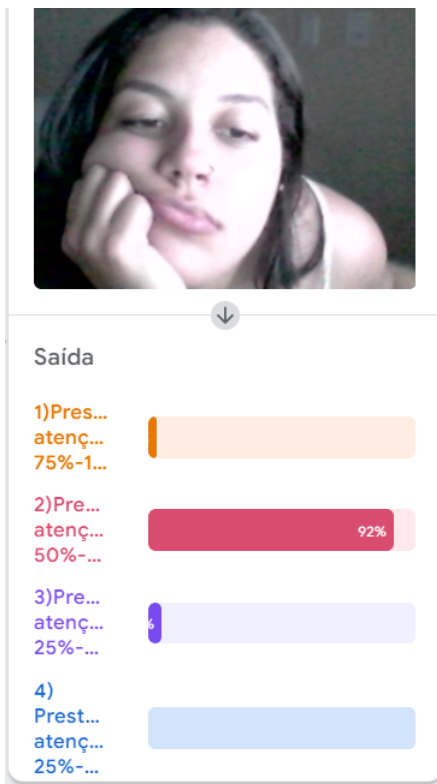
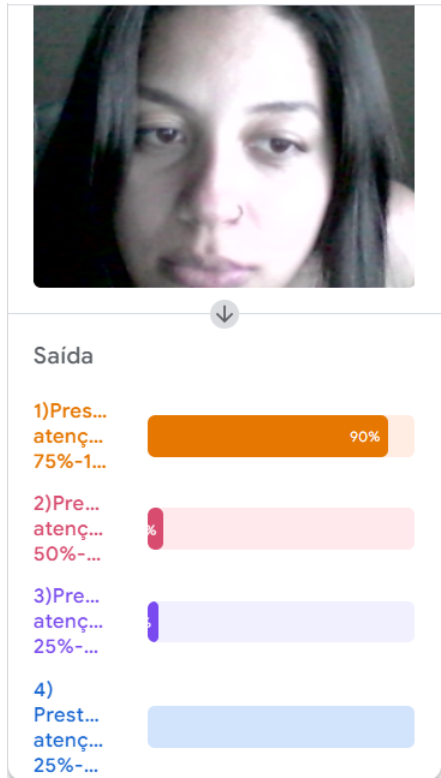


Fig. 5: Prestando Atenção de 75% a 100%

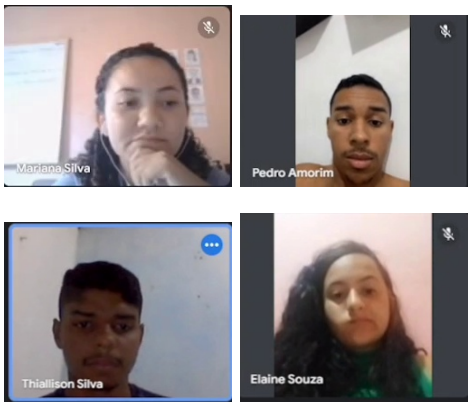


Elaboração da autora, 2024.

Resumindo, o código processa uma imagem, a alimenta em um modelo de deep learning treinado, faz uma previsão de qual classe a imagem pertence e imprime essa previsão junto com a confiança associada.

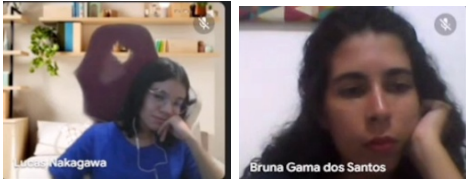
Com isso, com o nosso banco de imagens dos participantes podemos determinar que:

- Prestando Atenção de 75% a 100%:



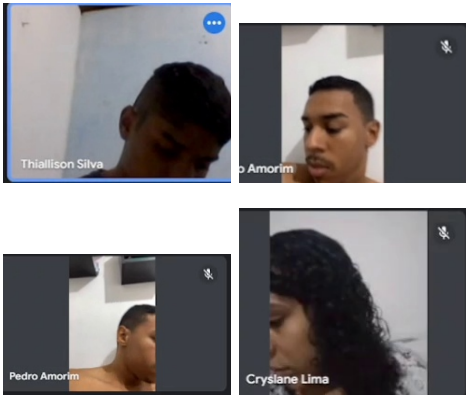
Elaboração da autora, 2024.

- Prestando Atenção de 50% a 75%:



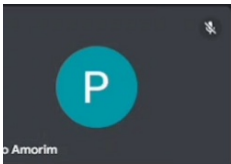
Elaboração da autora, 2024.

- Prestando Atenção de 25% a 50%:



Elaboração da autora, 2024.

- Prestando Atenção de 25% a 0%:



Elaboração da autora, 2024.

No primeiro vídeo, "Sistemas Lineares - Quer que desenhe, canal Descomplica", possui 6 minutos e 24 segundos, um vídeo curto sem a presença do professor, apenas com a voz e bem animado com cores e macetes. Os participantes ficaram bastante atento ao vídeo onde relataram "Aluno02: a primeira foi mais curta e prendeu mais a atenção, devido a ótima explicação"; "Aluno05: super rápido e serviu com um nivelamento" e "Aluno08: tinha o objetivo de resumir o tema de maneira bem rápida, focando na prática de exercícios de fixação e com recursos tecnológicos que captavam bem a atenção de quem o assistia".

O segundo vídeo, "Entendendo Sistemas Lineares - Ep.01, canal Professor Julio Lombardo", possui 21 minutos e 57 segundos, apenas com a voz do professor e vídeo com gráficos e equação animados. Os participantes ficaram bastante um pouco perdidos e em um momento desligou a câmera e depois de alguns minutos retornou, mas o recurso de gráficos e interações em alguns momentos chamou a atenção "Aluno07: o vídeo 2, cujo tema destacava sobre o "entendimento" o mesmo prometeu e cumpriu, pois foi além de apresentar os sistemas lineares

como um conjunto de equações, utilizou recursos tecnológicos eficientes para apresentar o comportamento geométrico dos sistemas de equações de diferentes ordem e tipos de soluções, além de contextualizar em duas situações distintas em que podemos encontrar esses conceitos”; “Aluno09: traz muita informação que acaba sendo cansativo de assistir e fica difícil de compreender” e “Aluno10: Vídeos muito longos, distrai facilmente. Os recursos digitais ajudam na visualização do que se está estudando.”.

O terceiro vídeo, “Aula Matemática - Sistemas Lineares - Introdução”, canal Stoodi, possui 14 minutos e 32 segundos, contando com a presença do professor, quadrão e giz. “Aluno07: o vídeo 3 que lembrou muito uma aula tradicional presencial, sem exemplos contextualizados ou geométricos, o mesmo somente apresentou o conteúdo e resolveu exercícios”; “Aluno09: traz muita informação que acaba sendo cansativo de assistir e fica difícil de compreender” e “Aluno10: terceiro vídeo é bem explicativo, bem detalhado e torna o conteúdo prazeroso”.

Ao finalizar a gravação dos vídeos/imagens os participantes responderam um questionário acerca das vídeo-aulas.

- (Q1) O sistema linear é composto por? ;
- (Q2) Quais um dos métodos para se resolver um sistema linear?;
- (Q3) Quando um sistema possui apenas uma solução é? Quando um sistema possui infinita soluções é? Quando um sistema não possui soluções é? O que é um sistema linear homogêneo?;

As respostas foram bastante significativas, entretanto apenas 18,2% marcou a alternativa errada na questão Q1 e 9,1% errou a questão que perguntava a respeito sobre o *que é um sistema linear homogêneo*.

### C. Diagnóstico: formulário 3

A última parte da pesquisa solicitamos que os participantes respondessem por fim um formulário sobre a metodologia de utilizar vídeo-aulas. Todavia, essas foram os questionamentos.

- (Q1) O que você observou de diferença entre as vídeo-aulas? Comente sobre;
- (Q2) Você prefere vídeo-aulas: curtas (1-10 min), médias (10-30 min), longas (mais de uma hora) ou não gosta de vídeo-aulas;
- (Q3) O que é importante para elaborar uma boa vídeo-aula? Recursos animados, giz/piloto e quadro, lápis/caneta e papel, vídeos narrados ou vídeos com a presença do professor instrutor;
- (Q4) Você acha que as vídeo-aulas longas prende a atenção do aluno?;
- (Q5) Para você, o que chama a sua atenção e como você se sente mais concentrado assistindo vídeo-aulas?;
- (Q6) O que faz uma vídeo-aula ser considerada ruim? o conteúdo abordado, a forma de transmitir, poluição visual nos vídeos ou pouca interação;
- (Q7) Descreva como você considera que seria uma boa vídeo-aulas;

(Q8) Quão interessante foi a vídeo-aula 1 (vídeo Descomplica)? Em uma escala, no qual 1 = muito ruim, 2 = ruim, 3= neutro, 4 = bom e 5 = ótimo;

(Q9) Quão interessante foi a vídeo-aula 2 (vídeo Professor Julio Lombaldo)? Em uma escala, no qual 1 = muito ruim, 2 = ruim, 3= neutro, 4 = bom e 5 = ótimo;

(Q10) Quão interessante foi a vídeo-aula 3 (vídeo Stoodi)? Em uma escala, no qual 1 = muito ruim, 2 = ruim, 3= neutro, 4 = bom e 5 = ótimo;

(Q11) Quanto acompanhar as aulas foi envolvente? Em uma escala, no qual 1 = muito ruim, 2 = ruim, 3= neutro, 4 = bom e 5 = ótimo;

(Q12) Quanto você se sentiu entendido enquanto acompanhava as aulas? Em uma escala, no qual 1 = pouca vontade, 2 = moderado, 3= neutro, 4 = muita vontade;

(Q13) Quanto você preferia fazer outra coisa? Em uma escala, no qual 1 = pouca vontade, 2 = moderado, 3= neutro, 4 = muita vontade;

(Q14) Quão difícil você estava se concentrando? Em uma escala, no qual 1 = muito pouco concentrado, 2 = pouco concentrado, 3= neutro, 4 = concentrado e 5 = muito concentrado;

(Q15) Você se sentiu preparado durante as vídeos-aulas com conhecimentos prévios que você adquiriu durante sua trajetória acadêmica? Justifique.

Os participantes ressaltaram em 63% que o uso de recursos animados, vídeos narrados e vídeos com a presença do professor instrutor é importante para classificar como uma boa vídeo-aula e optem por vídeos de duração curta (com 63,3% de aprovação em vídeos que prendem a atenção) e média (com 54,5 % de aprovação em vídeos que prendem a atenção).

A presença do instrutor refere-se à visibilidade dos instrutores nas vídeo-aulas. Tanto os instrutores quanto os alunos valorizam muito a presença do instrutor [12]. No geral, os alunos preferem vídeo-aulas com a presença do instrutor. Eles consideram as vídeos-aulas com a presença do instrutor mais agradáveis e interessantes [13].

As formas específicas de apresentação do instrutor em vídeo-aulas influenciarão as respostas dos alunos. Portanto, para tomar decisões de design informadas, os produtores de vídeo-aulas precisam ter uma boa compreensão dos seus efeitos nos alunos [14].

Dessa forma, a educação no contexto da linguagem digital já vem sendo discutida há algum tempo, com a Base Nacional Comum Curricular [19], esta discussão passou a ser mais presente na sociedade brasileira e isso vem contribuindo para novas proposições no meio acadêmico de como trabalhar o letramento midiático. O estímulo às habilidades e conhecimentos críticos para um melhor uso das mídias, o desenvolvimento da cidadania digital e o protagonismo.

A BNCC apresenta 10 competências gerais para serem desenvolvidas, dentre elas é possível observar o foco para a intermediação do uso da cultura digital no processo de aprendizagem. No que se refere as competências 5, é possível observar a interação com as necessidades sociais, desenvolver



o senso crítico e a reflexão no ambiente digital. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva [19].

A utilização de vídeos em sala de aula agrega modernidade ao ensino, mas é preciso ser bem planejada e considerar alguns aspectos como a idade intelectual e emocional dos alunos, fazendo uma análise do vídeo que será utilizado em sala de aula a fim de verificar os pontos positivos e negativos do vídeo, o contexto em que se situa, observar se o tema e as imagens despertarão sua reflexão e criticidade; verificar a linguagem usada no vídeo e se está adequada à faixa etária do aluno.

Deve também observar a qualidade do áudio e do vídeo, a duração do tempo da aula e do vídeo e os conteúdos que serão tratados ao longo da aula e se estão de acordo visando seu plano de ensino.

Esses critérios podem ajudar a obter melhores resultados, pois facilitam o encadeamento das ações do professor e auxiliam a compreensão do aluno dos conteúdos. Criar vídeo-aulas eficazes envolve considerar vários aspectos, desde a preparação do conteúdo até a produção e apresentação. Algumas diretrizes que podem ajudar:

- 1) Defina seus objetivos de aprendizado: Antes de começar a criar sua vídeo-aula, tenha em mente o que você quer que os alunos aprendam ou sejam capazes de fazer após assistirem ao vídeo.
- 2) Conheça seu público-alvo: entenda quem são seus alunos e adapte o conteúdo, linguagem e estilo de apresentação conforme o nível de conhecimento e interesses deles.
- 3) Organize seu conteúdo: divida o conteúdo em seções ou tópicos claros e sequenciais para facilitar a compreensão e a absorção do conhecimento.
- 4) Prepare um roteiro: escreva um roteiro detalhado que inclua o que você vai dizer, quais exemplos ou demonstrações você vai usar e quando. Isso ajuda a manter o vídeo organizado e coeso.
- 5) Mantenha as aulas curtas e focadas: evite sobrecarregar os alunos com muita informação de uma só vez. Divida o conteúdo em vídeos menores e mais específicos, cada um focado em um conceito ou tópico.
- 6) Utilize recursos visuais: use slides, gráficos, diagramas, animações ou demonstrações práticas para complementar sua explicação verbal e tornar o conteúdo mais visualmente atraente e fácil de entender.
- 7) Fale de forma clara e pausada: fale em um ritmo confortável, articulando bem as palavras e usando uma linguagem simples e acessível.
- 8) Mantenha contato visual com a câmera: se estiver gravando um vídeo em que aparece, olhe diretamente para a câmera para criar uma conexão mais próxima com os alunos.
- 9) Incentive a participação dos alunos: faça perguntas durante o vídeo para estimular a reflexão e o engajamento

dos alunos. Você também pode incluir atividades práticas para eles aplicarem o que estão aprendendo.

- 10) Revise e edite seu vídeo: assista ao vídeo após gravado para corrigir erros, ajustar o ritmo da apresentação e cortar partes desnecessárias. Uma boa edição pode fazer a diferença na qualidade final do vídeo.
- 11) Forneça recursos adicionais: além do vídeo, ofereça materiais complementares como textos de apoio, exercícios, links úteis ou sugestões de leitura para aprofundar o aprendizado.
- 12) Solicite feedback dos alunos: peça aos alunos que assistiram ao vídeo que forneçam feedback sobre o conteúdo, a apresentação e a qualidade do vídeo. Isso pode ajudá-lo a melhorar suas vídeo-aulas futuras.

Lembre-se sempre de que a prática leva à perfeição. À medida que criamos mais vídeo-aulas, terá o refinamento das habilidades e encontrar o estilo que funciona melhor para o engajamento dos alunos, proporcionando um maior nível de desenvolvimento e aprendizagem aos discentes.

## V. TRABALHOS RELACIONADOS

A pesquisa realizada em bases de dados, entre elas, Scopus, Web of Science, Scielo e Google Acadêmico com a string de busca sobre *facial recognition, engagement and online class*. Selecionamos alguns artigos, são eles na tabela I.

Outros trabalhos também foram estudados sobre: *Segredos revelados pelo tédio: detectando e enfrentando barreiras ao envolvimento dos alunos - 2022 [20]; Detectando o envolvimento do aluno em MOOCs usando reconhecimento automático de expressão facial - 2020 [21]; Sistema de detecção de emoções e envolvimento dos alunos em sala de aula (iSEEDS): uma abordagem baseada em IA para ensino responsivo - 2023 [22]; Medindo o nível de envolvimento dos alunos usando informações faciais - 2019 [23]; Análise de envolvimento do aluno usando expressão facial em curso online - 2022 [24]; Análise de expressões faciais para estimar o nível de engajamento em palestras online - 2023 [25]; Previsão do envolvimento dos alunos em uma plataforma de e-learning - 2022 [26]; Reconhecendo as emoções dos alunos com base na análise da expressão facial - 2021 [27]; Previsão do envolvimento dos alunos em MOOCs usando aprendizado profundo - 2023 [29].*

Todos os artigos foram implementados usando a câmera do computador. Exceto um caso em que a câmera utilizada era estilo vigilância com as criancinhas. Também voltado para constatação de presença. Não há trabalhos relacionados a “fusão de dados”; Não há trabalhos que traz uma solução de metodologia para a melhoria das aulas do docente.

Por fim, sucedeu pesquisas com strings relacionadas ao design de vídeo-aulas, tabela II.

## VI. RISCOS

TABLE I: Trabalhos Relacionados

Título	Aulas de emoção	Conj. de dados
Extração de humor usando recursos visuais para melhorar curvas de humor aprendizagem de alunos em sistemas de e-learning, 2016	Raiva, não, medo, felicidade, tristeza, surpresa, neutro	Cohn e banco de dados de expressões verbais consistente em 486 sequências de 97 rostos
Uso de emoção reconhecimento facial em sistemas de e-learning, 2017	Felicidade, medo, tristeza, raiva, surpresa em nojo	Imagens frontais dos participantes gravação via Skype, tamanho 11,680 × 10
Rumo à observação automatizada da sala de aula: máquina multimodal aprendendo uma estimativa o clima positivo e negativo da aula, 2019	Clima positivo e clima negativo	Vídeos rotulados
Uma proposta de modelo de determinação do atendimento estudantil na educação a distância com tecnologia de reconhecimento presencial, 2021	Gerenciamento de gestos capturados pela câmera LMS	Eigenfaces com filtros gaussianos
Um novo modelo de aprendizagem, profundo para reconhecimento facial e inscrições em ensino à distância, 2022 emoções	Os conjuntos de dados Rostos94, Rostos95, Faces96 e Careta contém 7.873 imagens	Eigenfaces
Rumo à observação Informação da sala de aula: máquina aprendizagem multimodal estimar o clima positivo e negativo aula, 2020	8.000 rostos únicos em um único quadro de imagem e 12.000 rostos vários em um único quadro de imagem	Envolvido, tédio e neutro

Elaboração da autora, 2024.

TABLE II: Trabalhos Relacionados

Título	Ano
Efeito das expressões expressas não reconhecimento do compreensão de alunos em ambientes educacional virtual [30]	2013
Os efeitos do design de videoaulas nos alunos da aprendizagem on-line: uma revisão sistemática [29]	2023
Avaliando o envolvimento dos alunos a partir do comportamento facial na aprendizagem on-line [31]	2022
As Faces do Engajamento: Automático Reconhecimento do envolvimento do aluno pela Facial Expressões [32]	2014

Elaboração da autora, 2024.

Todo o processo de gravação é facilitado, pois todos os envolvidos estavam de acordo com o uso de suas imagens e sua exposição para pesquisas acadêmicas. Durante a gravação com os participantes da pesquisa, observamos que os vídeos possuíam em volta de 40 minutos a 50 minutos cada vídeo - aula no geral. Visto isso, ao total das três vídeo-aulas, obtemos 33 vídeos com mais 3.465,00 imagens capturadas pela webcam do computador com 1 de frequência por frame. Como não possuí tamanho tempo de execução e poder computacional, reduzimos para três vídeo-aulas, obtemos 33 vídeos e 1.173 imagens capturadas pela webcam do computador com 700 de frequência por frame.

## VII. CONCLUSÃO

A integração da tecnologia no âmbito educacional permitiu a criação de novos métodos e modalidades de ensino, de forma, a atender os mais diversos estilos de discentes, auxiliando na interação do professor com o aluno, e possibilitando um aprendizado alternativo.

Neste trabalho propusemos um estudo visando a coleta as expressões faciais dos discentes com isso, analisar e identificar algumas vídeo-aulas de conteúdo matemático e tirar a partir disso as expressões dos indivíduos durante a aula online, além de garantir a presença do aluno e propor ao professor boas práticas para docentes na construção de vídeos-aulas para favorecer o aprendizado.

Com isso, podemos concluir que com o uso que as ferramentas tecnológicas oferecem na aprendizagem citamos uma melhor retenção do conhecimento, o incentivo a aprendizagem individual e coletiva e o suporte que o professor tem no preparo das aulas para torná-las mais atrativas.

Manter os alunos atentos em sala de aula, quer seja no presencial ou na aula online, depende da condução adequada dos recursos tecnológicos disponíveis. Evitar que haja distração pelo uso destes equipamentos também contribui para que a rotina da sala de aula seja sempre fonte de motivação para o aprendizado. Cabe ao professor este papel: o de adequar-se às estas ferramentas usando-as a seu favor, apoiando-se nas políticas públicas e procurando equilibrar-se no papel de detentor do conhecimento e mediador no processo de aprendizagem, além da interdisciplinaridade que a computação pode oferecer ao ensino de ciências exatas.

## VIII. OBRAS FUTURAS

Esperá-se que com todo o suporte e conhecimento que está disciplina de Processamento de Imagem ofereceu, possa ser aplicados no projeto de mestrado da autora deste trabalho. Um trabalho voltado para o reconhecimento facial de estudantes para detectar sua presença, engajamento, desenvolvimento geral do aluno e assim poder conduzir ao professor melhores formas de contribuir para o desenvolvimento e aprendizagem do discente.

## REFERENCES

- [1] Guo PJ, Kim J, Rubin R (2014) Como a produção de vídeo afeta o envolvimento dos alunos: um estudo empírico de vídeos mooc. In: Anais da primeira conferência ACM sobre aprendizagem @ conferência em escala (Nova York), L@S '14, associação para máquinas de computação, pp 41–50
- [2] Fredricks JA, Blumenfeld PC, Paris AH. Engajamento escolar: potencial do conceito, estado das evidências. *Rev Educ Res.* 2004; 74 (1):59–109. doi: 10.3102/00346543074001059
- [3] Helme S, Clarke D. Identificando o envolvimento cognitivo na sala de aula de matemática. *Matemática Educ Res J.* 2001; 13 (2):133–153. doi: 10.1007/BF03217103.
- [4] Marco Van Der S: Sala de aula virtual com eficiência de largura de banda. Universidade de Joanesburgo; 2005.
- [5] Jelfs A, Colbourn C. Seminários virtuais e seu impacto no papel do corpo docente. *Computadores na Educação.* 2002; 38 :127–136. doi: 10.1016/S0360-1315(01)00084-7.
- [6] Kurbel K. Virtualidade do lado dos alunos e dos professores: um programa de mestrado internacional multimídia e baseado na Internet; Anais da 7ª Conferência Internacional sobre Aprendizagem e Treinamento Apoiados em Tecnologia. Alemanha: Online Educa; Berlin; 2001.
- [7] Mohamed Sathik M, Sofia G. Identificação da compreensão do aluno usando rugas na testa. 2011.
- [8] Resmana Lim MJT, Reinders T. Detecção de marco facial usando uma representação de filtro Gabor e um algoritmo de busca genética, procedimento, seminário de tecnologia inteligente e suas aplicações (SITIA'2000) Surabaya: Graha Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2000.
- [9] Russell G, Holkner B. Escolas virtuais, em futuros, volume 32. *Questões.* 2000; 9–10 :887–897.
- [10] Jain LC. Técnicas biométricas inteligentes em impressão digital e reconhecimento facial. Nova Jersey: CRC Press; 1999.
- [11] Martin, F, C Wang e A Sadaf (2018). Percepção dos alunos sobre a utilidade de estratégias de facilitação que melhoram a presença, a conexão, o envolvimento e a aprendizagem do instrutor em cursos online. *A Internet e o Ensino Superior*, 37, 52–65.
- [12] Glazier, RA e HS Harris (2021). Presença de instrutores e satisfação dos alunos em todas as modalidades: Levantamento de dados sobre preferências dos alunos em cursos on-line e presenciais. *Revisão Internacional de Pesquisa em Aprendizagem Aberta e Distribuída*, 22(3), 77–98.
- [13] Wilson, KE, M Martinez, C Mills, S D'Mello, D Smilek e EF Risko (2018). Efeito da presença do instrutor: Gostar nem sempre leva ao aprendizado. *Computadores e Educação*, 122, 205–220.
- [14] Ghapanchi, AH, A Purarjomandlangrudi, A McAndrew e Y Miao (2020). Investigar o impacto do design do espaço, da atratividade visual e da presença percebida do instrutor na adoção de sistemas de gerenciamento de aprendizagem pelos alunos. *Educação e Tecnologias de Informação*, 25(6), 5053–5066.
- [15] Silva, C. Abandono escolar atinge recorde histórico entre crianças e adolescentes do Ensino Fundamental, mostra IBGE. *Carta Capital*, 2024. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/educacao/abandono-escolar-atinge-recorde-historico-entre-criancas-e-adolescentes-do-ensino-fundamental-mostra-ibge/>. Acesso em: 27 maio 2024.
- [16] MORAN, J. M., *Novas tecnologias e mediação pedagógica*, Coleção Papirus Educação, Editora Papirus, Campinas, 16. ed., 2009.
- [17] LÉVY, P. *As tecnologias das inteligências: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro, 1993.
- [18] FERREIRA, M. J. M. A. *Novas tecnologias na sala de aula*. 2014. 121 páginas. Monografia (Especialização em Fundamentos da Educação: Práticas Pedagógicas Interdisciplinares). Universidade Estadual da Paraíba.
- [19] BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2018.
- [20] J. Sass and L. V. Fekete, "Secrets revealed by boredom: Detecting and tackling barriers to student engagement," 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Bucharest, Romania, 2022, pp. 417–419, doi: 10.1109/ICALT55010.2022.00129. keywords: Correlation;Data collection;Hybrid learning;Interviews;student emotions;teacher communication;boredom;automated facial expression analysis
- [21] A. Dubbaka and A. Gopalan, "Detecting Learner Engagement in MOOCs using Automatic Facial Expression Recognition," 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Porto, Portugal, 2020, pp. 447–456, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125149. keywords: Training;Support vector machines;Webcams;Face recognition;Psychology;Glass;Predictive models;MOOCs;engagement;facial expressions;e-learning
- [22] S. K. Vishnumolakala, V. S. Vallamkonda, S. C. C. N. P. Subheesh and J. Ali, "In-class Student Emotion and Engagement Detection System (iSEEDS): An AI-based Approach for Responsive Teaching," 2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Kuwait, Kuwait, 2023, pp. 1–5, doi: 10.1109/EDUCON54358.2023.10125254. keywords: Measurement;Computers;Emotion recognition;Face recognition;Bibliographies;Neural networks;Prototypes;concentration analysis;emotion detection;engagement;eye tracking;iSEEDS;responsive teaching;student emotions,
- [23] I. Alkabbany, A. Ali, A. Farag, I. Bennett, M. Ghanoum and A. Farag, "Measuring Student Engagement Level Using Facial Information," 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Taipei, Taiwan, 2019, pp. 3337–3341, doi: 10.1109/ICIP.2019.8803590. keywords: Feature extraction;Face recognition;Facial features;Data mining;Training;Head;Support vector machines;Engagement level measurement;Machine Learning;Learning Disabilities
- [24] Swathi, Y., L. Harshitha, and N. Harshitha. "Student Engagement Prediction in an E-Learning Platform." 2022 4th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA). IEEE, 2022.
- [25] R. Miao, H. Kato, Y. Hatori, Y. Sato and S. Shioiri, "Analysis of Facial Expressions to Estimate the Level of Engagement in Online Lectures," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 76551–76562, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3297651. keywords: White noise;Particle measurements;Facial features;Atmospheric measurements;Feature extraction;Affective computing;Face recognition;Online services;Electronic learning;Estimation;Education;Attention;affective computing;engagement;facial features;online lecture.
- [26] Y. Swathi, L. Harshitha, N. Harshitha and Brinda, "Student Engagement Prediction in an E-Learning Platform," 2022 4th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), Coimbatore, India, 2022, pp. 1452–1456, doi: 10.1109/ICIRCA54612.2022.9985701. keywords: COVID-19;Electronic learning;Discussion forums;Infectious diseases;Face recognition;Education;Recording;Face Recognition;Student Engagement;Eye Gazes;Online Education.
- [27] X. Li, R. Yue, W. Jia, H. Wang and Y. Zheng, "Recognizing Students' Emotions based on Facial Expression Analysis," 2021 11th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME), Wuyishan, Fujian, China, 2021, pp. 96–100, doi: 10.1109/ITME53901.2021.00030. keywords: Deep learning;Emotion recognition;Uncertainty;Face recognition;Neural networks;Estimation;Feature extraction;Students' emotion recognition;facial expressions;learning effectiveness;deep learning;convolutional neural network
- [28] N. Ahmad, Z. Khan and D. Singh, "Student Engagement Prediction in MOOCs Using Deep Learning," 2023 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), Pune, India, 2023, pp. 1–6, doi: 10.1109/ESCI56872.2023.10100007. keywords: Performance evaluation;Deep learning;Adaptation models;Cameras;Physiology;Sensors;Task analysis;Deep Learning;Student Engagement;Engagement Prediction;MOOCs;Transfer Learning
- [29] Wang, Tianjiao Du, Zhao Liu, Jun. (2023). The Effects of Video Lecture Design on Learners in Online Learning: A Systematic Review. *Journal of Information Knowledge Management*. 22. 2350052. 10.1142/S0219649223500521.
- [30] Sathik M, Jonathan SG. Effect of facial expressions on student's comprehension recognition in virtual educational environments. *Springerplus*. 2013 Sep 12;2:455. doi: 10.1186/2193-1801-2-455. PMID: 24130957; PMCID: PMC3795200.
- [31] Buono P, De Carolis B, D'Errico F, Macchiarulo N, Palestra G. Assessing student engagement from facial behavior in on-line learning. *Multimed Tools Appl*. 2023;82(9):12859–12877. doi: 10.1007/s11042-022-14048-8. Epub 2022 Oct 24. PMID: 36313482; PMCID: PMC9589763.
- [32] WHITEHILL, Jacob; SERPELL, Zewelanj; LIN, Yi-Ching; et al. The Faces of Engagement: Automatic Recognition of Student Engagement from Facial Expressions. *IEEE Transactions on Affective Computing*, v. 5, n. 1, p. 86–98, 2014.