



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**DANILO CARDOSO BELUCO**

**JORGE LUIZ FORTUNATO FILHO**

**RECONHECIMENTO FACIAL**

**APLICADO PARA REGISTRO DE PONTO**

Tubarão, SC

2023

**DANILO CARDOSO BELUCO**  
**JORGE LUIZ FORTUNATO FILHO**

**RECONHECIMENTO FACIAL**  
**APLICADO PARA REGISTRO DE PONTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência da Computação da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Silvana Dal-Bó, Ms.

Tubarão  
2023

**DANILO CARDOSO BELUCO**  
**JORGE LUIZ FORTUNATO FILHO**

**RECONHECIMENTO FACIAL**  
**APLICADO PARA REGISTRO DE PONTO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado qualificado à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência da Computação da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 12 de junho de 2023.

---

Orientador: Prof. Silvana Dal-Bó, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Luciano José Savio, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Héilton Ribeiro Nunes, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos este trabalho à nossa família,  
amigos e todos que nos ajudaram nesta  
jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos aos nossos pais pelo incentivo e apoio incondicional desde o início de nossa jornada. Além disso, gostaríamos de expressar nossa gratidão à universidade, seus professores e à nossa orientadora, Prof. Silvana Dal-Bó, pelas valiosas contribuições ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da nossa formação.

## RESUMO

No ambiente empresarial, ocorre um fluxo constante de funcionários durante o dia de trabalho. O registro de ponto é vital para monitorar as entradas e saídas dos funcionários, independentemente do método utilizado pela empresa. Uma forma que pode revolucionar o registro de ponto é através da biometria facial, visto que essa é uma moderna opção de biometria. Diante disso, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma que possibilite as marcações de ponto de funcionários através da biometria facial. Para isso, primeiramente foi realizado um estudo teórico sobre o assunto, assim como uma pesquisa sobre os algoritmos Eigenface, Fisherface e LBPH, que estão disponíveis na biblioteca OpenCV e são muito utilizados para essa funcionalidade. A próxima etapa foi o desenvolvimento de uma plataforma de registro de ponto, que integrou a funcionalidade de reconhecimento facial, possibilitando testar cada um dos algoritmos estudados. Além da funcionalidade de reconhecimento facial no registro de ponto, a plataforma conta com outros recursos essenciais para este tipo de sistema. Com o propósito de realizar análises e comparações dos algoritmos, foram cadastrados usuários de teste no sistema desenvolvido usando faces do banco de imagens FEI, um banco de imagens brasileiro que contém um conjunto de imagens faciais tiradas entre junho de 2005 e março de 2006. Por fim, realizamos uma avaliação do desempenho e da eficácia dos três algoritmos utilizados no reconhecimento facial, utilizando inclusive imagens que apresentam variações significativas de expressão facial e iluminação. Percebeu-se pelas avaliações que os algoritmos LBPH e Fisherface tiveram um desempenho superior ao Eigenface. Essas avaliações foram importantes para entender como cada algoritmo se comporta diante de condições adversas.

**Palavras-chave:** biometria, controle de ponto, OpenCV.

## ABSTRACT

In the business environment, there is a constant flow of employees throughout the workday. The time clock system is vital for monitoring the employees' entries and exits, regardless of the method used by the company. One way that can revolutionize the time clock system is through facial biometrics, as it is a modern biometric option. Therefore, this study proposes the development of a platform that enables employees to clock in and out using facial biometrics. To achieve this, a theoretical study on the subject was conducted, as well as research on the Eigenface, Fisherface, and LBPH algorithms, which are available in the OpenCV library and commonly used for this functionality. The next step was the development of a time clock platform that integrated facial recognition functionality, allowing testing of each of the studied algorithms. In addition to facial recognition in the time clock system, the platform includes other essential features for this type of system. In order to perform analysis and comparisons of the algorithms, test users were registered in the developed system using faces from the FEI face database, a Brazilian image database that contains a set of facial images taken between June 2005 and March 2006. Finally, we evaluated the performance and effectiveness of the three algorithms used in facial recognition, including images with significant variations in facial expression and lighting. The evaluations revealed that the LBPH and Fisherface algorithms outperformed Eigenface. These evaluations were important to understand how each algorithm behaves under adverse conditions.

**Keywords:** biometrics, time and attendance, OpenCV.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Campos de estudo interligados.....	17
Figura 2 – Imagem de captura da face.....	19
Figura 3 – Registro biométrico (a), identificação biométrica (b) e verificação biométrica.....	21
Figura 4 – Diagrama de casos de uso do usuário.....	30
Figura 5 – Diagrama de casos de uso do administrador.....	31
Figura 6 – Diagrama de classes do sistema.....	35
Figura 7 – Tela do registro de ponto do sistema.....	36
Figura 8 – Tela de login do sistema.....	36
Figura 9 – Tela de controle de funcionários do sistema.....	37
Figura 10 – Tela do sistema para cadastro de funcionários.....	38
Figura 11 – Tela do sistema para ajuste/correção de registro de ponto.....	39
Figura 12 – Tela do sistema para administração de cargos.....	39
Figura 13 – Tela de visualização das marcações de ponto.....	40
Figura 14 – Modal de solicitação de ajustes de ponto.....	41
Figura 15 – Modal de dados do perfil do usuário.....	42
Figura 16 – Aba para alterar senha do usuário.....	42
Figura 17 – Sete Eigenfaces geradas a partir de imagens de entrada para a figura 18.....	43
Figura 18 – A face média.....	44
Figura 19 – Ilustração do operador básico LBP.....	45
Figura 20 – Exemplos das variações das imagens do banco FEI.....	47
Figura 21 – Exemplos das variações de iluminação e expressões faciais das imagens do banco FEI.....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições de Inteligência Artificial separadas em categorias.....	23
Quadro 2 – Lista de requisitos funcionais do ator usuário.....	32
Quadro 3 – Lista de requisitos funcionais do ator administrador.....	33
Quadro 4 – Lista de requisitos não funcionais da aplicação.....	34
Quadro 5 – Resultados obtidos pelo algoritmo LBPH.....	48
Quadro 6 – Resultados obtidos pelo algoritmo Eigenface.....	49
Quadro 7 – Resultados obtidos pelo algoritmo Fisherface.....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 PROBLEMÁTICA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 ESTRUTURA.....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1 VISÃO COMPUTACIONAL.....	16
2.2 BIOMETRIA E RECONHECIMENTO FACIAL.....	18
2.2.1 Verificação e Identificação.....	18
2.2.2 Biometria facial.....	19
2.2.3 Detecção de Faces.....	19
2.2.4 Processos do reconhecimento facial.....	20
2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
2.3.1 Conceitos de IA.....	22
2.3.2 Sistemas especialistas.....	23
2.3.3 Machine Learning.....	24
<b>3 MÉTODO.....</b>	<b>25</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	25
3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS.....	26
3.3 PROPOSTA DA SOLUÇÃO.....	27
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>28</b>
4.1 TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	28
4.1.1 React.....	28
4.1.2 Node.js.....	28
4.1.3 OpenCV.....	29
4.2 MODELAGEM.....	29
4.2.1 Diagramas de casos de uso e requisitos funcionais.....	30
4.2.2 Requisitos não funcionais.....	33
4.2.3 Diagrama de classes.....	34
4.2.4 Telas do sistema.....	35
4.3 ALGORITMOS DE RECONHECIMENTO FACIAL DA BIBLIOTECA OPENCV.....	43
4.3.1 Eigenface.....	43
4.3.2 Fisherface.....	44
4.3.3 LBPH.....	45
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>

6.1 TRABALHOS FUTUROS.....	52
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho é uma das áreas da vida humana que tem passado por uma quantidade significativa de transformações, na sua organização, nos seus estatutos legais e na sua base tecnológica. (CATTANI, 2006).

Em um mundo, com cada vez mais tecnologia, a todo o momento surgem novos recursos para aperfeiçoar as atividades diárias no trabalho.

O registro de ponto é uma maneira de monitorar o expediente dos colaboradores em sua jornada de trabalho. Durante o dia de trabalho, os funcionários realizam o registro de seus horários de entrada, intervalo para o almoço e saída, conhecidos como registro de ponto. (PONTOTEL, 2022).

De acordo com a CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), que é o documento do qual regulamenta as relações trabalhistas do país, em empresas com mais de 20 trabalhadores será obrigatório o controle de jornada, essa regra é prevista no artigo 74 no qual diz o seguinte:

§ 2º Para os estabelecimentos com mais de 20 (vinte) trabalhadores será obrigatória a anotação da hora de entrada e de saída, em registro manual, mecânico ou eletrônico, conforme instruções expedidas pela Secretaria Especial de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia, permitida a pré-assinalação do período de repouso. (Artigo 74 do Decreto Lei nº 5.452 de 1943).

Conforme estabelecido no artigo 74 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), são estipuladas três modalidades para registro de ponto no Brasil:

- Marcação manual, por escrito;
- Marcação mecânica, com cartão de ponto e máquina de ponto;
- Marcação eletrônica, com relógio eletrônico ou digital.

Devido às limitações e desafios encontrados nos métodos convencionais de controle da jornada de trabalho, a biometria tem se destacado como uma solução eficaz e confiável.

Segundo Hong e Jain (1998), abordagens tradicionais de identificação de pessoas usam “algo que você conhece”, como uma senha, ou “algo que você tem”, como um cartão de identificação.

Os sistemas biométricos são utilizados para reconhecer pessoas com base em características físicas ou comportamentais, como impressões digitais e íris. Com o uso de

técnicas biométricas, é possível identificar quem está marcando o ponto através de características físicas únicas da pessoa.

Porém, são necessários métodos que garantam a segurança e agilidade dos seus dados reduzindo a burocracia e problemas diários, com isso, agregando valor para a empresa. Dessa forma, foi desenvolvido nesse trabalho uma aplicação que, através do uso da biometria facial, possa controlar o fluxo de entrada e saída de funcionários de uma empresa.

Este método biométrico é possível graças ao reconhecimento facial, no qual segundo Silva e Cintra (2015, p. 1) "É uma técnica biométrica que consiste em identificar padrões em características faciais como formato da boca, do rosto, distância dos olhos, entre outros".

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Segundo o Tribunal Superior do Trabalho (2022), o controle convencional do tempo de trabalho prestado é feito por meio do ponto. O artigo 74, parágrafo 2º, da CLT cita que, "para os estabelecimentos de mais de dez trabalhadores será obrigatória a anotação da hora de entrada e de saída, em registro manual, mecânico ou eletrônico, conforme instruções a serem expedidas pelo Ministério do Trabalho".

Um método tradicional para este controle do tempo de trabalho prestado é o ponto manual. De acordo com o SCUA (2022):

O registro de ponto manual é uma maneira antiga e econômica de monitorar as horas de trabalho dos colaboradores. Nele, as horas podem ser anotadas no livro ponto, ou no cartão ponto, que são folhas específicas para esse fim que são distribuídas aos funcionários. Nessa forma de marcação de ponto existem desvantagens visto que o tempo necessário para conferir as marcações dos colaboradores é elevado, sendo essa tarefa sujeita a erro humano, as informações são descentralizadas e por fim a dificuldade de armazenar as folhas de ponto manual.

Outra maneira utilizada para o registro de ponto é o ponto mecânico, no qual um relógio imprime a hora e a data no cartão de ponto do funcionário. Este método elimina os problemas com erros e fraudes nas datas e horários das marcações. Porém, as validações da folha de ponto ainda são realizadas manualmente pelo setor de RH. (TRADINGWORKS, 2020)

Uma alternativa é o ponto eletrônico, que possibilita o controle por meio de biometria ou através do uso de um cartão de ponto. Essas opções oferecem diferentes formas de registro e monitoramento da jornada de trabalho dos funcionários.

Silva e Cintra (2015) afirmam que em algumas técnicas biométricas utilizadas no ponto eletrônico, como o reconhecimento de impressão digital, existem limitações que devem ser consideradas.

Há tecnologias biométricas que dependem de uma participação ativa do usuário para que o mesmo seja reconhecido, como por exemplo, para o reconhecimento pela digital ou pela palma da mão é preciso que o usuário coloque a mão sobre o sensor para que seus dados sejam lidos. Já a identificação por retina requer que o usuário posicione o olho em frente ao sensor para que a imagem seja capturada. (SILVA; CINTRA, 2015, p. 2)

Neste contexto, este trabalho pretende responder à seguinte pergunta de pesquisa: como desenvolver uma solução eficiente, precisa e segura para o controle de presença dos colaboradores nas empresas?

Assim, partimos da hipótese que desenvolver um sistema que utiliza reconhecimento facial durante a marcação de ponto vai resultar em uma solução eficiente, precisa e segura para este problema, evitando fraudes dos colaboradores, e até mesmo reduzindo custos como cartões ou outros dispositivos físicos de identificação.

## 1.2 OBJETIVOS

A seguir, seguem os objetivos gerais e específicos referentes a este trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma plataforma de marcação de ponto por meio de reconhecimento facial.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para atingirmos o objetivo principal deste trabalho, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar estudos sobre reconhecimento facial e os algoritmos Eigenface, Fisherface e LBPH disponíveis na biblioteca OpenCV;
- Efetuar a modelagem do sistema, permitindo visualizar de forma clara como o sistema é estruturado antes de sua implementação;
- Desenvolver o sistema de acordo com os requisitos definidos na modelagem;
- Testar o sistema desenvolvido, avaliando o uso dos algoritmos de reconhecimento facial implementados a partir da biblioteca OpenCV.
- Analisar os resultados de reconhecimento facial e identificar a assertividade e confiança em diferentes tipos de variações na face.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As formas convencionais de identificação de pessoas, como o uso de senhas ou cartões de acesso, podem não ser suficientemente seguras em algumas situações.

Abordagens tradicionais de identificação de pessoas usam “algo que você conhece”, como uma senha, ou “algo que você tem”, como um cartão de identificação. Porém, ao analisar estas abordagens, em diversas aplicações estes métodos podem não ser suficientemente seguros para garantir uma identificação pessoal, pois senhas e cartões de acessos podem ser falsificados ou roubados. (HONG; JAIN, 1998, traduzido pelo autor)

Para o desenvolvimento de uma solução simples e segura para o processo em questão é interessante a aplicação de tecnologias inovadoras como o uso de reconhecimento facial.

Segundo Silva e Cintra (2015), a biometria facial oferece vantagens em relação a outras biometrias, pois não requer uma ação ativa do usuário para que o reconhecimento aconteça.

O reconhecimento facial é uma tecnologia em rápido desenvolvimento e tem sido aplicada em diversas áreas, como segurança, identificação pessoal e controle de acesso. Ao explorar essa tecnologia, o trabalho contribui para a compreensão e aplicação prática do reconhecimento facial no contexto específico do registro de ponto.

## 1.4 ESTRUTURA

O trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo o primeiro dedicado a uma breve introdução sobre o tema do reconhecimento facial aplicado ao registro de ponto. Neste capítulo, são apresentados os objetivos do trabalho, bem como as justificativas que motivaram o seu desenvolvimento.

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico abordando assuntos relacionados à visão computacional, biometria, reconhecimento facial e inteligência artificial. No terceiro capítulo do trabalho foi formalizada a caracterização da pesquisa que foi realizada no desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 4 aborda as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema, destacando-se a biblioteca OpenCV e seus respectivos algoritmos de reconhecimento facial Eigenface, Fisherface e LBPH. Neste mesmo capítulo, foi apresentada a modelagem e a aplicação desenvolvida.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos, com as considerações sobre o desempenho dos diferentes algoritmos de reconhecimento facial. Por fim, no capítulo 6, foram apresentadas as conclusões do trabalho. Nesta seção, foram resumidos os principais resultados e contribuições da pesquisa. No mesmo capítulo, também são apresentados os trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

No capítulo em questão, são abordados conceitos e fundamentos de várias áreas que estão diretamente relacionadas ao tema central deste trabalho. São discutidos aspectos essenciais da visão computacional, reconhecimento facial, aprendizagem de máquina e inteligência artificial.

### 2.1 VISÃO COMPUTACIONAL

Para nós, a visão é um dos órgãos dos sentidos, por meio do olho humano temos a capacidade de enxergar o mundo que vivemos, e a visão computacional sempre buscou imitar essa natureza humana. (BARELLI, 2018). De acordo com Backes e Junior (2016),

a visão computacional busca capacitar máquinas com a capacidade de visão humana, mas sua abrangência vai além da simples captura de imagens. Essa área consiste em captar imagens, melhorá-las (por exemplo, com retirada de ruídos), separar as regiões ou objetos de interesse, extrair várias informações dependendo da imagem analisada, como, por exemplo, forma, cor e textura, e, finalmente, estabelecer relações de imagens com outras vistas previamente.

Em sua obra, Backes e Junior (2016) sugerem um sistema de visão computacional sendo constituído de 4 fases:

A fase de processamento de imagens é responsável por melhorar a imagem, removendo ruídos, destacando bordas e suavizando a imagem. Isso pode ser feito para obter uma imagem final de melhor qualidade ou prepará-la para as próximas etapas do processo. Na segunda fase, chamada de segmentação, ocorre a divisão da imagem em regiões de interesse. Por exemplo, uma imagem de paisagem, é possível destacar apenas o céu, a vegetação, o lago ou um cisne específico dentro do lago. Durante a fase de extração de características ou análise de imagens, obtêm-se um conjunto de características do objeto de interesse. Em outras palavras, essa fase é responsável por encontrar uma representação numérica única de uma imagem, semelhante a uma "impressão digital", que possibilita sua identificação. Por último, na fase de reconhecimento de padrões utiliza-se os conjuntos de características das imagens para classificá-las. Por exemplo, na classificação de uma laranja, atributos como cor, rugosidade da casca, formato e tamanho são considerados para determinar a classe do objeto. Apesar de cada laranja ser única, podemos classificá-la com precisão na maioria dos casos (BACKES; JUNIOR, 2016).

O Processamento de Imagens e o Reconhecimento de Padrões são dois campos que estão fortemente relacionados à Visão Computacional.

Segundo Barelli (2018) “O Processamento de Imagens trata da manipulação das informações na imagem, como realçar bordas e remover ruídos, enquanto o Reconhecimento de Padrões busca identificar e classificar os objetos representados. Ambos estão relacionados à visão computacional”.

A figura 1 representa os diversos campos de estudo relacionados à visão computacional.

Figura 1: Campos de estudo interligados.



Fonte: Introdução à Visão Computacional, BARELLI, 2018

Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de algoritmos mais sofisticados, tornou-se mais fácil desenvolver sistemas de Visão Computacional.

De acordo com Barelli (2018), apesar de parecerem complexos de se utilizar, estes sistemas estão cada vez mais acessíveis em nosso cotidiano, bem como mais fáceis de se trabalhar.

A visão computacional é uma disciplina multidisciplinar que incorpora conhecimentos da matemática, da ciência da computação, da engenharia e de outras áreas relacionadas.

Para De Milano & Honorato (2010) “A maioria das aplicações de visão computacional são provenientes de diversas áreas de pesquisa e resolvem problemas específicos. Esses sistemas, conhecidos como sistemas especialistas, requerem conhecimento específico para solucionar um problema determinado”.

Dessa forma, as aplicações de visão computacional não seguem um modelo padrão, mas geralmente envolvem reconhecimento de objetos e transformação em informações para sistemas especialistas (DE MILANO; HONORATO, 2010).

## 2.2 BIOMETRIA E RECONHECIMENTO FACIAL

Existem registros de impressões digitais sendo utilizadas como forma de identificação há muitos séculos, embora as técnicas antigas não fossem tão avançadas quanto as atuais.

De acordo com estudos históricos, é interessante observar que antigos babilônios e chineses já utilizavam impressões digitais em barro e papel, para registrar transações comerciais e identificar pessoas. (HowStuffWorks, 2008, traduzido pelo autor).

Segundo Magalhães e Santos (2003, p. 5) “O termo biometria deriva do grego bios (vida) + metron (medida) e, na autenticação, refere-se à utilização de características próprias de um indivíduo para proceder à sua autenticação e/ou identificação perante um SI de uma organização”.

Ao utilizar características únicas como digital, íris, rosto, etc, a biometria oferece maior segurança, praticidade e precisão na autenticação de indivíduos.

Conforme destacado por Silva e Cintra (2015):

A tecnologia biométrica oferece vantagens em relação a outros métodos tradicionais de identificação como senhas, documentos e tokens. Entre elas estão o fato de que os traços biométricos não podem ser perdidos ou esquecidos, são difíceis de serem copiados, compartilhados ou distribuídos. Os métodos requerem que a pessoa autenticada esteja presente na hora e lugar da autenticação, evitando que pessoas má intencionadas tenham acesso sem autorização.

### 2.2.1 Verificação e Identificação

De acordo com Jain, Ross e Nandakumar (2011), um sistema biométrico pode oferecer dois tipos de funcionalidades principais: verificação e identificação.

Na verificação, o usuário reivindica uma identidade e o sistema verifica através da biometria se essa reivindicação é genuína, ou seja, o sistema responde à pergunta “Você é quem diz ser?”. Se a amostra coletada e o template tiverem um alto grau de similaridade a reivindicação é aceita como “genuína”. Caso contrário o usuário é considerado um impostor. Já a identificação pode ser dividida nas classes positiva e negativa. Na identificação positiva, o usuário se identifica para o sistema, que busca

determinar sua identidade com base em um conjunto de identidades conhecidas, respondendo à pergunta "Você é alguém que conhece o sistema?". Em contrapartida, em um pedido de identificação negativa, o sistema busca responder à pergunta "Você é quem diz não ser?", com o objetivo de evitar o uso de múltiplas identidades por parte do usuário. (JAIN; ROSS; NANDAKUMAR, 2011, traduzido pelo autor).

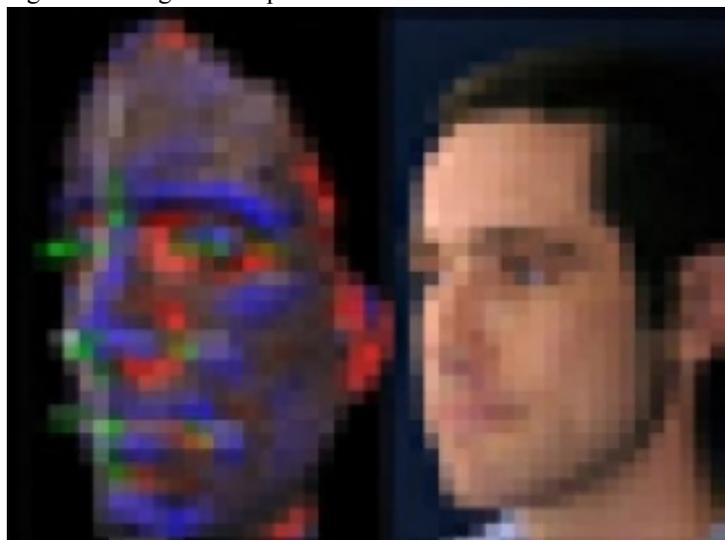
### 2.2.2 Biometria facial

A biometria facial é um dos tipos de sistemas biométricos mais utilizados, essa abordagem utiliza as características únicas do rosto de uma pessoa.

De acordo com Kuroiwa e Carro (2015), a face de uma pessoa é o essencial fator utilizado para reconhecê-la, somos capazes de reconhecer rostos rapidamente, guardando uma grande quantidade de rostos em nossa memória.

O reconhecimento facial (facial recognition) é uma técnica que examina as características faciais presentes em imagens da face (Figura 2). Essas características incluem os olhos, sobrancelhas, nariz, lábios e formato do queixo, que são capturados por meio de uma câmera digital de forma manual ou automática. (BOECHAT, 2008).

Figura 2 - Imagem de captura da face.



Fonte: Boechat (2008)

### 2.2.3 Detecção de Faces

De acordo com Lopes e Bins Filho (2005) em um sistema de Reconhecimento Facial, a detecção da face desempenha um papel importante.

Detectar a face antes de detectar cada característica em particular poupa muito trabalho, uma vez que a maioria dos algoritmos se baseia na procura por tais elementos em toda a imagem. A vantagem de se detectar a face, em um primeiro momento, é que após esta fase a procura pelas características fica limitada apenas em uma determinada região da imagem. (LOPES; BINS FILHO, 2005).

A detecção da face em imagens pode ser realizada por meio de uma variedade de métodos e técnicas.

Nos métodos baseados em conhecimento, regras pré-definidas são aplicadas para identificar características comuns das faces humanas, como olhos, nariz e boca dispostos de forma específica. (LOPES; BINS FILHO, 2005).

Existem também métodos de detecção de face baseados em características invariantes. De acordo com Yang, Kriegman e Ahuja (2002), estes métodos incorporam técnicas que têm por objetivo encontrar características invariantes da face. Porém, tais características podem ser corrompidas devido às condições de iluminação ou algum ruído.

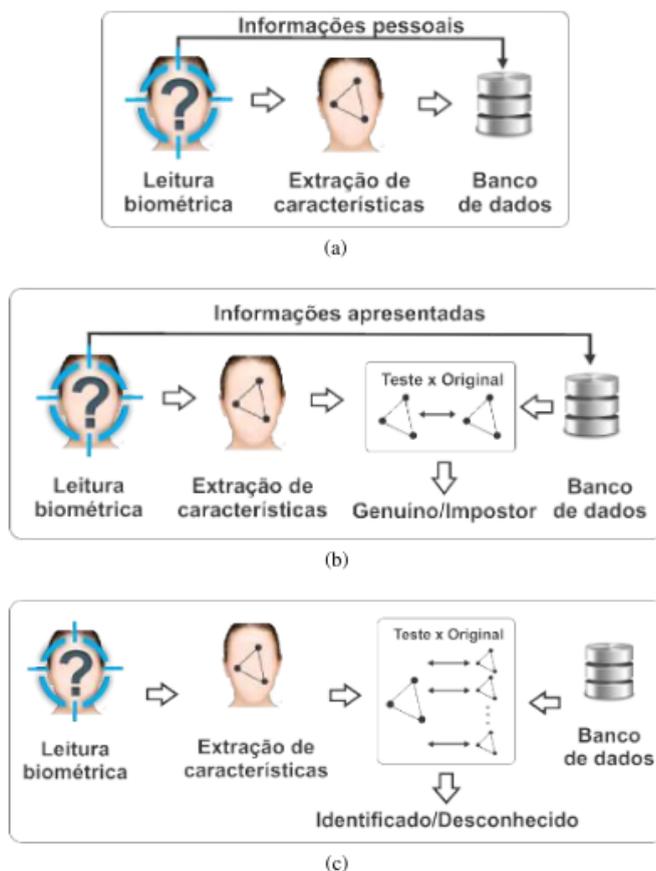
Por fim, existem também os métodos de detecção facial baseados em templates e em aparência. Segundo Lopes e Bins Filho (2005),

os métodos baseados em templates consistem em procurar pelo mesmo dentro da imagem e testar se ele corresponde a um modelo prévio da sua forma. Nessa abordagem, o objeto é descrito por componentes geométricos básicos, como círculos, quadrados ou triângulos, e a detecção é realizada encontrando a melhor correspondência com base em uma função de energia. Diferentemente de métodos que utilizam conhecimento prévio sobre o objeto ou suas características, os métodos baseados em aparência não dependem dessas informações prévias. Assim, surgem os conceitos de aprendizado e treinamento, uma vez que as informações necessárias para realizar a tarefa de detecção são retiradas do próprio conjunto de imagens sem intervenção externa.

#### **2.2.4 Processos do reconhecimento facial**

Segundo Silva e Cintra (2015), o reconhecimento facial é composto por três processos distintos: Registro, verificação e identificação biométrica. Na Figura 3 são apresentados estes processos.

Figura 3 - Registro biométrico (a), identificação biométrica (b) e verificação biométrica.



Fonte: Reconhecimento de padrões faciais: Um estudo (2015).

Conforme apresentado na Figura 3a, a primeira etapa do processo é o registro das informações pessoais do indivíduo no sistema. “O sistema realiza a leitura biométrica, extrai as características que devem ser utilizadas no reconhecimento e as armazena em um banco de dados, juntamente com os dados pessoais associados ao indivíduo” (SILVA; CINTRA, 2015, p. 2).

Após o registro das informações pessoais, segue-se o processo de reconhecimento biométrico, onde são utilizadas técnicas para autenticar a identidade do indivíduo. Estes procedimentos são apresentados nas figuras nas Figuras 3b e 3c.

A Figura 3b descreve o processo de verificação biométrica, no qual o sistema lê os dados pessoais, tais como nome de usuário, senha, número de identidade, e os biométricos apresentados. O sistema verifica se os dados biométricos apresentados contém o mesmo padrão que os dados biométricos previamente armazenados para o usuário com os mesmos dados pessoais. Caso a verificação seja positiva, o sistema reconhece o usuário como genuíno, caso contrário, o sistema o reconhece como um impostor. (SILVA; CINTRA, 2015, p. 2).

## 2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial (IA) é utilizada para criar sistemas que imitam o pensamento humano e realizam diferentes tarefas.

De acordo com Russell e Norvig (2004, traduzido pelo autor), “a inteligência artificial é uma das ciências mais recentes, o trabalho começou a se desenvolver logo após a Segunda Guerra Mundial, e o próprio nome foi criado em 1956”.

Apesar deste histórico recente, a inteligência artificial tem passado por avanços notáveis e se expandido para diversas áreas.

Atualmente, a IA abrange uma enorme variedade de subcampos, como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, criação de poesia, direção de um carro em estrada movimentada e diagnóstico de doenças. Sua inteligência pode ser relevante para qualquer área, podendo ser considerada um campo universal. (RUSSELL; NORVIG, 2004, traduzido pelo autor).

### 2.3.1 Conceitos de IA

Ao longo do tempo, os conceitos de IA seguiram quatro linhas de pensamento. Russel e Norvig (2004), em sua obra citam oito definições de IA, separadas em duas dimensões nas quais podemos visualizar no Quadro 1.

Quadro 1: Definições de Inteligência Artificial separadas em categorias.

<p><b>Sistemas que pensam como humanos</b></p> <p>“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) máquinas com mentes, no sentido total e literal.” (Haugeland, 1985)</p> <p>"Automatização de atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado..." (Bellman, 1978)</p>	<p><b>Sistemas que pensam racionalmente</b></p> <p>“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.” (Charniak e McDermott, 1985)</p> <p>“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.” (Winston, 1992)</p>
<p><b>Sistemas que atuam como humanos</b></p> <p>“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas.” (Kurzweil, 1990)</p> <p>“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas pelas pessoas.” (Rich and Knight, 1991)</p>	<p><b>Sistemas que atuam racionalmente</b></p> <p>“Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.” (Poole et al., 1998)</p> <p>“AI... está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos.” (Nilsson, 1998)</p>

Fonte: Inteligência Artificial, RUSSELL; NORVIG, 2004, traduzido pelo autor.

Na parte superior do quadro os conceitos se relacionam a processos de pensamento e raciocínio, enquanto as definições da parte inferior se referem ao comportamento. No lado esquerdo, as definições medem o sucesso em termos de fidelidade ao desempenho humano, enquanto as definições do lado direito medem o sucesso comparando-o a um conceito ideal de inteligência, chamado de racionalidade. Um sistema é racional se “faz a coisa certa”, dado o que ele sabe. (RUSSELL; NORVIG, 2004, traduzido pelo autor).

### 2.3.2 Sistemas especialistas

Diante da necessidade de solucionar problemas em domínios específicos, faz-se necessário o desenvolvimento de sistemas especialistas.

Na década de 1970, a IA já enfatizava o desenvolvimento de “sistemas especialistas” (também chamados “sistemas baseados em conhecimento”) que podiam, se fosse dado o conhecimento de domínio apropriado, equiparar ou superar o desempenho de especialistas humanos em tarefas específicas bem definidas. (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 468, traduzido pelo autor).

A partir dessa época, foram desenvolvidos vários sistemas, podendo estes atuar em diversas áreas, como por exemplo, eletrônica, física, sistemas de computadores, medicina e matemática.

### **2.3.3 Machine Learning**

Assim como os humanos aprendem com base em sua experiência, os computadores têm a capacidade de fazer o mesmo. De acordo com Zhou (2021),

Machine Learning é a técnica que melhora a performance de sistemas através de aprendizado utilizando métodos computacionais. Nos sistemas de computador, a experiência existe na forma de dados, e a principal tarefa do aprendizado de máquina é desenvolver algoritmos que construam modelos a partir dessas informações.

O machine learning tem desempenhado um importante papel no avanço do reconhecimento facial. As técnicas de aprendizado de máquina têm sido muito utilizadas para desenvolver algoritmos capazes de reconhecer e identificar faces com alta precisão.

O reconhecimento facial é uma das áreas de pesquisa mais populares de Machine Learning. Devido à complexidade das variações que podem ocorrer na face, obter uma alta assertividade nos resultados têm sido um grande desafio. Porém, vale ressaltar que esse problema tem sido cada vez menor devido aos avanços em Reconhecimento Facial com Machine Learning. (JAIN; LI, 2004, p. 33, traduzido pelo autor).

### 3 MÉTODO

Este trabalho foi realizado por meio de uma abordagem de pesquisa qualitativa, tendo o objetivo de desenvolver uma plataforma de registro de ponto utilizando reconhecimento facial. Para embasar esse desenvolvimento e fortalecer o embasamento teórico, foi realizado um procedimento de pesquisa bibliográfica em livros, sites e artigos relevantes, que abordam conhecimentos que contribuem para aprimorar a eficácia dessa ferramenta.

Para atingir esse objetivo, foi conduzido um estudo focado na busca de algoritmos de reconhecimento facial conceitualmente válidos. Durante o desenvolvimento da aplicação, foram realizados testes utilizando os algoritmos LBPH, Fisherface e Eigenface para validar sua eficácia.

Nosso trabalho utilizou a metodologia RUP (Rational Unified Process) para o desenvolvimento do sistema, através dessa abordagem pudemos garantir uma implementação eficiente para a aplicação. Segundo Kruchten (2000), este processo de engenharia de software auxilia na orientação do desenvolvimento, proporcionando um método essencial para o gerenciamento de requisitos, desenvolvimento de forma iterativa e verificação da qualidade do mesmo.

Após o desenvolvimento, testes de reconhecimento facial foram realizados utilizando uma base de dados de acesso público, com o objetivo de realizar a análise dos resultados obtidos.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Dentre as diversas abordagens metodológicas disponíveis, o presente trabalho foi realizado por meio de uma abordagem de pesquisa qualitativa, na qual aplicamos em um sistema de controle de ponto as técnicas de reconhecimento facial estudadas. Segundo Godoy (1995), nas abordagens quantitativa e qualitativa, a pesquisa envolve um esforço cuidadoso para expandir o conhecimento já existente. Porém, cada uma delas percorre um caminho diferente.

De maneira diversa, a pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo. (GODOY, 1995, p. 58).

Buscando ampliar o conhecimento sobre reconhecimento facial, podemos afirmar que nosso trabalho foi conduzido através da pesquisa exploratória. Segundo Prodanov & Freitas (2013), a pesquisa exploratória tem como objetivo fornecer mais informações sobre o assunto investigado. Além disso, ela ajuda a definir os objetivos e a formular hipóteses, ou até mesmo na descoberta de uma nova abordagem para o tema em estudo.

Por meio da pesquisa exploratória, pudemos investigar diferentes aspectos relacionados à implementação do reconhecimento facial em nosso sistema, desde a seleção de algoritmos e técnicas apropriadas até a avaliação de sua precisão.

O método utilizado pode ser caracterizado como hipotético-dedutivo pois nosso trabalho parte de uma hipótese que é testada empiricamente por meio da implementação e avaliação da plataforma de registro de ponto.

O raciocínio dedutivo é um raciocínio cujo antecedente é constituído de princípios universais, plenamente inteligíveis; através dele se chega a um conseqüente menos universal. As afirmações do antecedente são universais e já previamente aceitas: e delas decorrerá, de maneira lógica, necessária, a conclusão, a afirmação do conseqüente. Deduzindo-se, passa-se das premissas à conclusão. (SEVERINO, 2000, p. 76).

Em sua natureza, a pesquisa teve como objetivo principal desenvolver e aplicar um conjunto de técnicas com o propósito de fornecer uma solução prática e eficiente para o nosso sistema de controle de ponto. Assim, nosso trabalho vai de encontro com a natureza de pesquisa aplicada, que de acordo com o Manual de Frascati (2002), consiste também em trabalhos originais implementados para adquirir novos conhecimentos; porém, mais com foco para um objetivo prático específico, tal como o contexto de nosso trabalho.

### 3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Nosso trabalho foi dividido em algumas etapas metodológicas. Seguindo o método hipotético-dedutivo, que consiste em formular uma hipótese e testá-la empiricamente, na primeira etapa foi apresentada uma hipótese que destaca o uso de reconhecimento facial na marcação de ponto.

A próxima etapa consistiu na revisão bibliográfica, conduzindo estudos através da pesquisa exploratória sobre reconhecimento facial e seus algoritmos que estão disponíveis na biblioteca OpenCV. Essa abordagem permitiu obter informações relevantes sobre o assunto investigado.

Antes da etapa de desenvolvimento foi realizada a definição dos requisitos, estabelecendo os requisitos funcionais e não funcionais para a plataforma. Nessa etapa também foi definida a modelagem do sistema, seguindo os princípios da metodologia RUP (Rational Unified Process).

Após a etapa dos requisitos, foram realizadas coletas de dados adequados para treinar e testar os algoritmos de reconhecimento facial. Em seguida, procedemos à implementação do sistema conforme definido na etapa de modelagem. Assim, aplicamos os algoritmos estudados no sistema, adotando a abordagem da pesquisa aplicada, que está em sintonia com a natureza prática do projeto.

Na última etapa, utilizamos uma abordagem experimental para validar o desempenho e a eficácia do sistema desenvolvido. Neste procedimento comparamos o desempenho dos algoritmos e identificamos possíveis limitações. Após isso, discutimos os resultados e por meio da análise qualitativa dos dados, pudemos chegar a conclusões sobre os experimentos realizados.

### 3.3 PROPOSTA DA SOLUÇÃO

A proposta de solução envolve o desenvolvimento de uma aplicação de registro de ponto que utiliza reconhecimento facial como método de autenticação. Através do uso de técnicas avançadas de visão computacional, a aplicação é capaz de identificar e autenticar os funcionários com base em suas características faciais únicas.

Durante o registro de ponto, a aplicação captura a imagem facial do funcionário e compara com as características aprendidas pelo modelo. Se houver correspondência dentro de um limite de confiança predefinido, o ponto será registrado com sucesso. Caso contrário, o sistema retornará uma mensagem de erro.

Para garantir a eficácia da solução proposta, foram realizados testes e comparações dos algoritmos Eigenface, Fisherface e LBPH. Essa análise dos resultados foi fundamental para a seleção do algoritmo mais adequado a ser implementado na solução final.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo abordaremos a aplicação integrada neste projeto, contendo módulos que apresentam a plataforma em si e as tecnologias utilizadas para o seu desenvolvimento.

### 4.1 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

#### 4.1.1 React

React é uma poderosa biblioteca que oferece recursos para auxiliar o desenvolvimento de aplicações em JavaScript. De acordo com Maujor (2001, p. 3):

React é uma biblioteca JavaScript que simplifica e agiliza a tarefa de desenvolvimento de interfaces de usuário interativas e de alto desempenho. Em 2011, foi criada por Jordan Walke, um engenheiro do Facebook, e usada pela primeira vez no feed de notícias da empresa. As ferramentas da biblioteca foram criadas baseadas nas mais modernas técnicas de desenvolvimento frontend.

Um dos maiores motivos para utilização dessa tecnologia é o seu ótimo desempenho, pois o ReactJS trabalha com uma cópia virtual do DOM (Virtual Document Object Model) da página web, que ao ser copiado para a memória do computador, faz a manipulação do elementos em tela com uma alta performance.

#### 4.1.2 Node.js

O Node.js é uma plataforma que permite executar código JavaScript no lado do servidor. Isso significa que você pode criar aplicativos independentes em um servidor, sem precisar de um navegador. (ALURA, 2023).

Esta ferramenta é útil para a construção e execução de aplicações web completas fora do ambiente do navegador. Devido à sua compatibilidade com o JavaScript, podemos utilizar a mesma linguagem tanto no frontend quanto no backend do nosso trabalho. Isso permitiu uma maior harmonia e integração entre as diferentes partes do sistema.

### 4.1.3 OpenCV

Com o propósito de utilizar reconhecimento facial na aplicação, fez-se necessário o uso de algoritmos de visão computacional. Existem excelentes bibliotecas disponíveis para o desenvolvimento de software nessa área, como TensorFlow e PyTorch, porém optamos pelo uso do OpenCV (Open Source Computer Vision Library) devido à sua ampla adoção pela comunidade de desenvolvedores, seu código aberto que permite personalização e contribuições, e sua interface de fácil utilização, o que facilita o desenvolvimento de soluções de visão computacional de forma rápida e eficiente.

OpenCV é uma biblioteca de software de visão computacional e aprendizado de máquina de código aberto. Através dessa biblioteca é possível fornecer uma infraestrutura comum para aplicativos de visão computacional e acelerar o uso da percepção da máquina nos produtos comerciais. (EQUIPE OPENCV, 2022, traduzido pelo autor).

A biblioteca possui mais de 2.500 algoritmos otimizados, que incluem um conjunto abrangente de algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina clássicos e de última geração. Esses algoritmos podem ser usados para detectar e reconhecer rostos, identificar objetos, rastrear movimentos de câmeras, extrair modelos 3D de objetos, encontrar imagens semelhantes de um banco de dados de imagens, remover olhos vermelhos de imagens tiradas com flash, reconhecer cenários e estabelecer marcadores para sobrepor-los com realidade aumentada, etc. (EQUIPE OPENCV, 2022).

## 4.2 MODELAGEM

A plataforma desenvolvida possui um foco principal no reconhecimento facial. Nesse sentido, a empresa utiliza uma câmera de smartphone, tablet ou qualquer dispositivo com navegador para capturar a imagem do rosto do usuário. Essa captura ocorre tanto no momento de entrada quanto de saída do expediente, registrando a jornada de trabalho do indivíduo. As informações de frequência são armazenadas em um banco de dados para posterior análise e gestão.

Já na parte administrativa da plataforma, os funcionários de RH da empresa podem gerir a plataforma validando solicitações de ajuste de ponto e extraindo dados através do relatório de horas trabalhadas dos colaboradores.

#### 4.2.1 Diagramas de casos de uso e requisitos funcionais

Definir os casos de uso é uma etapa fundamental antes do desenvolvimento, essa prática possibilita ter uma visão clara dos diversos fluxos do sistema.

Os desenvolvedores e usuários podem criar um conjunto de exemplos de situações para mostrar como o sistema será usado. Esses exemplos, chamados casos de uso ou cenários, descrevem como as pessoas irão interagir com o sistema que está sendo construído. (PRESSMAN, 2011).

De acordo com Pressman (2011, p. 138):

O primeiro passo ao escrever um caso de uso é definir o conjunto de “atores” envolvidos na história. Atores são as diferentes pessoas (ou dispositivos) que usam o sistema ou produto no contexto da função e comportamento a ser descrito. Os atores representam os papéis que pessoas (ou dispositivos) desempenham enquanto o sistema opera. Definido de maneira um pouco mais formal, ator é qualquer coisa que se comunica com o sistema ou o produto e que é externa ao sistema em si. Todo ator possui uma ou mais metas ao usar o sistema.

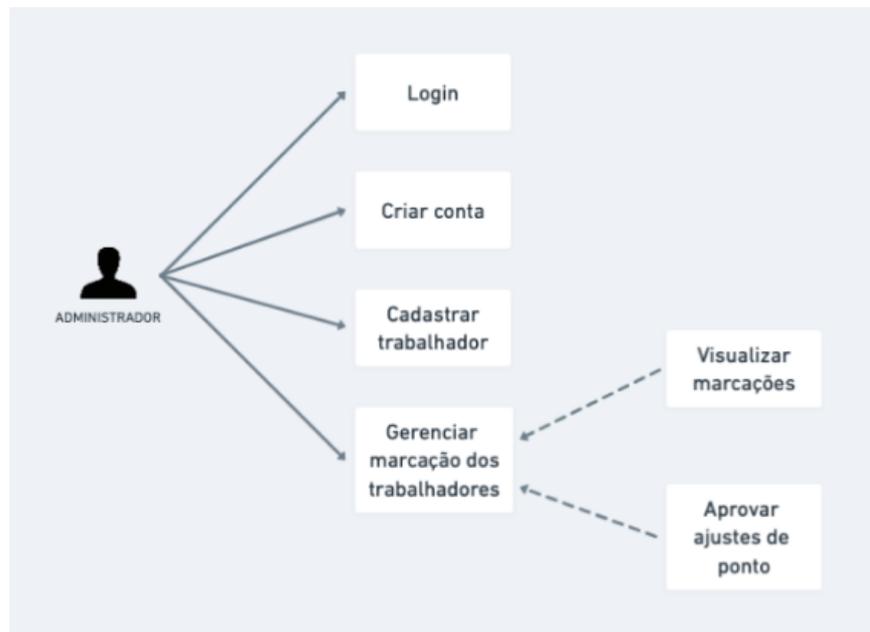
Nos diagramas apresentados nas figuras 4 e 5, existem 2 atores no qual o ator usuário tem como casos de uso: Login, Marcar ponto através do reconhecimento facial, Gerenciar marcação, Visualizar marcações e Solicitar ajuste de ponto. Já o ator administrador, possui os seguintes casos: Login, Criar conta, Cadastrar trabalhador, Gerenciar marcação dos trabalhadores, Visualizar marcações e Aprovar ajustes de ponto.

Figura 4 – Diagrama de casos de uso do usuário.



Fonte: Autores (2022)

Figura 5 – Diagrama de casos de uso do administrador.



Fonte: Autores (2022)

No levantamento de requisitos funcionais são definidas as tarefas e serviços que o software precisa realizar. Segundo Pressman (2011), este procedimento está no modelo de especificação de requisitos de software, no qual se trata de uma descrição detalhada de todos os aspectos do software a ser construído.

Nos Quadros 2 e 3 são descritos os requisitos funcionais dos atores Usuário e Administrador.

Quadro 2 – Lista de requisitos funcionais do ator usuário.

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>
C01	Autenticar no sistema	Fazer autenticação no sistema com login cadastrado.	Obrigatória
C02	Marcar ponto	Permitir que o funcionário faça a marcação do ponto utilizando a captura da câmera para reconhecer a face.	Obrigatória
C03	Visualizar marcações	Permitir ao funcionário visualizar através do sistema os dias nos quais os pontos foram marcados e suas respectivas faltas.	Obrigatória
C04	Solicitar ajuste de ponto	Permitir ao funcionário solicitar que ocorra uma alteração no seu registro de ponto em determinado dia.	Obrigatória

Fonte: Autores (2023)

Quadro 3 – Lista de requisitos funcionais do ator administrador.

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>
R01	Autenticar no sistema	Fazer autenticação no sistema com login cadastrado.	Obrigatória
R02	Criar novas contas de administrador	Permitir que o administrador cadastre novas contas para novos administradores obterem acesso à plataforma.	Obrigatória
R03	Cadastrar novo colaborador	Permitir que o administrador cadastre um novo funcionário inserindo os dados do mesmo, assim como a foto utilizada no reconhecimento facial do registro de ponto.	Obrigatória
R04	Editar cadastro de colaborador	Permitir que o administrador edite os dados pessoais de qualquer funcionário que já esteja cadastrado na plataforma.	Obrigatória
R05	Visualizar as marcações de ponto de colaboradores	Permitir que o administrador tenha acesso à relatórios com listagem das marcações de ponto dos funcionários.	Obrigatória
R06	Busca/Filtro de funcionários	Permitir que o administrador filtre funcionários dentro do sistema, obtendo listagem das marcações de ponto de determinado funcionário mais facilmente.	Obrigatória

Fonte: Autores (2023)

#### **4.2.2 Requisitos não funcionais**

Os requisitos não funcionais são critérios que definem as qualidades e limitações gerais para o funcionamento dos requisitos funcionais estabelecidos para o software. (VASQUEZ; SIMÕES, 2016).

No Quadro 4, descrevemos as categorias de requisitos não funcionais que propomos para a aplicação.

Quadro 4 – Lista de requisitos não funcionais da aplicação.

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Categoria</b>
R01	Usabilidade	O sistema deve ser interativo e simples de o usuário usar.	Obrigatória
R02	Segurança	Manter o sistema seguro, evitando invasões e roubo de dados.	Obrigatória
R03	Desempenho	O sistema deve ter um bom desempenho mesmo sob um alto volume de dados.	Obrigatória
R04	Confiabilidade	Utilizar algoritmos que garantam confiabilidade durante o registro de ponto com reconhecimento facial a fim de evitar erros e fraudes.	Obrigatória

Fonte: Autores (2023)

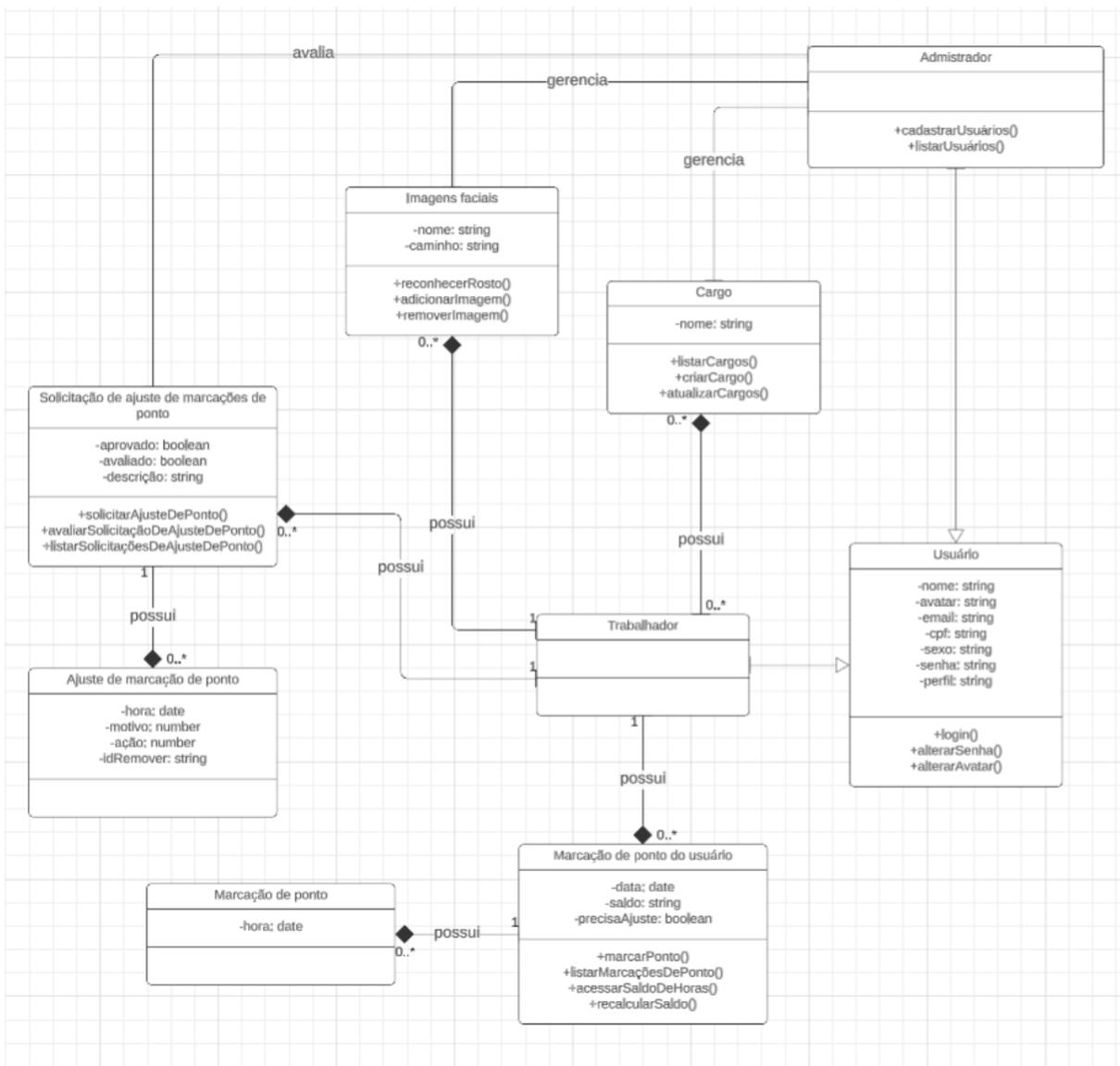
### 4.2.3 Diagrama de classes

Na Figura 6 é apresentado o diagrama de classes com seus respectivos relacionamentos, atributos e métodos.

De acordo com Pressman (2011, p. 70):

Independentemente do processo de software escolhido, os desenvolvedores de software complexos, invariavelmente, implementam um conjunto de recursos, funções e conteúdo localizados. Essas características de software localizadas são modeladas como componentes (por exemplo, classes orientadas a objetos) e, em seguida, construídas dentro do contexto da arquitetura do sistema.

Figura 6 – Diagrama de classes do sistema.



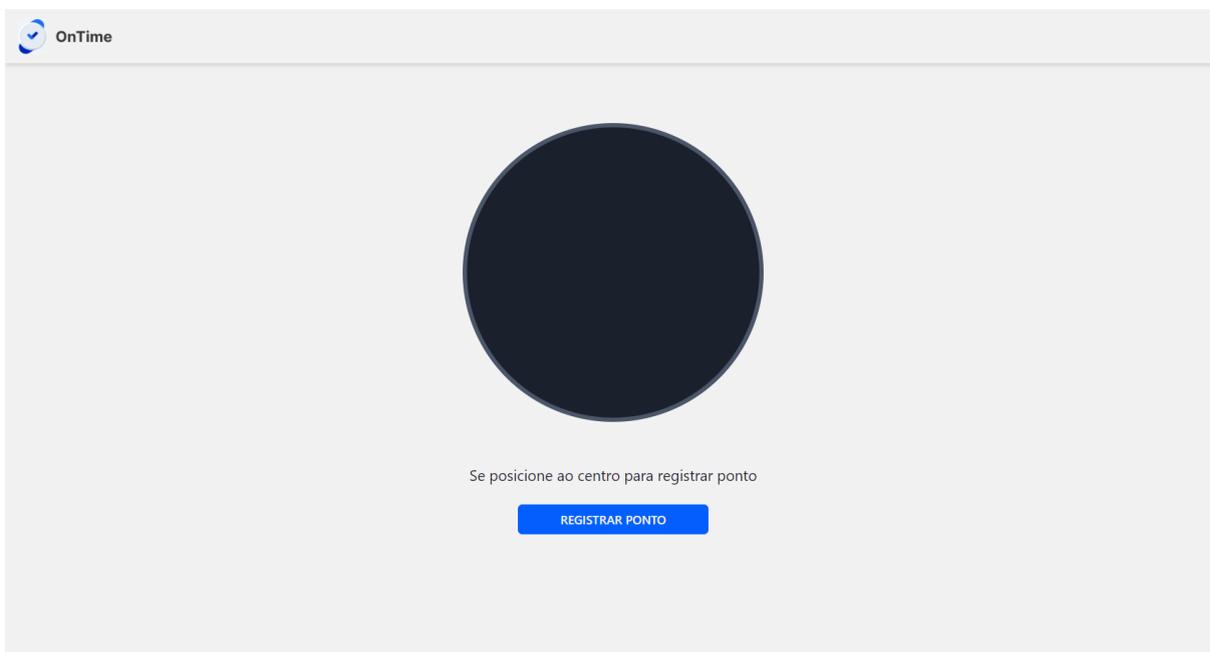
Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.4 Telas do sistema

A sequência de imagens a seguir apresenta as telas do sistema desenvolvido em nosso trabalho.

**Tela de registro de ponto:** Para realizar o reconhecimento facial dos usuários e efetuar a marcação de ponto, é necessário acessar a Tela do registro de ponto do sistema, como ilustrado na Figura 7. Nessa tela, é possível visualizar a imagem da câmera do dispositivo no centro, assim como o botão para registro.

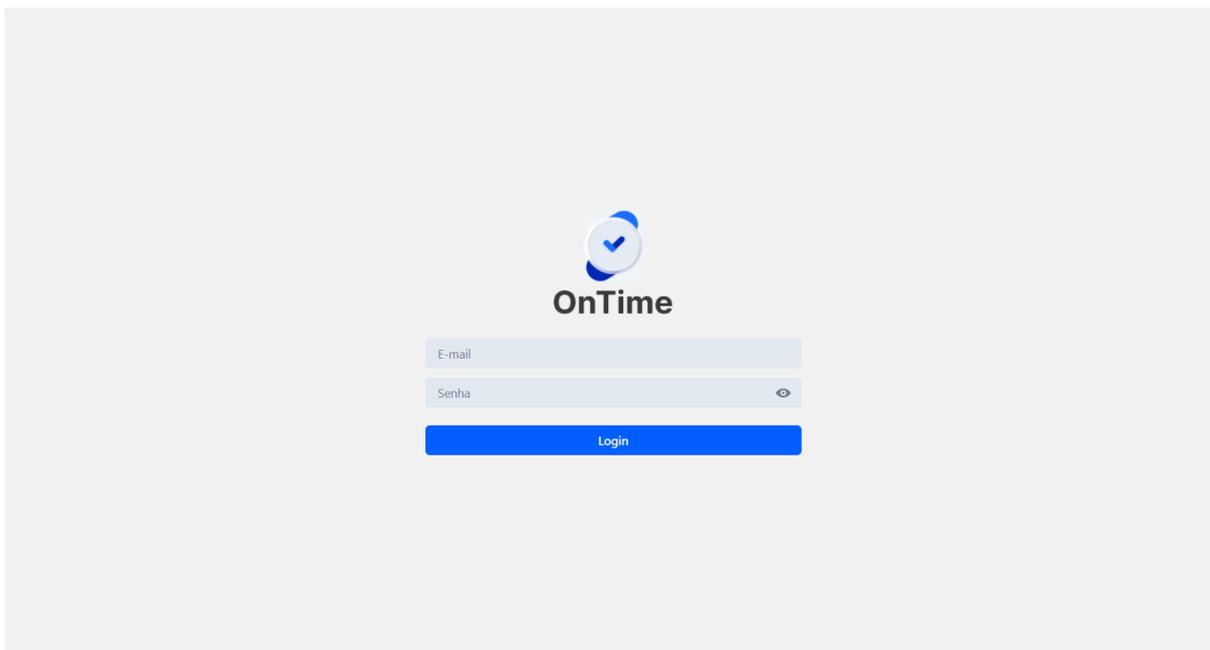
Figura 7 – Tela do registro de ponto do sistema.



Fonte: Autores (2023)

**Tela de login:** Através da tela de login, é realizada autenticação dos usuários para acesso às funcionalidades internas do sistema. A tela mencionada é mostrada na Figura 8.

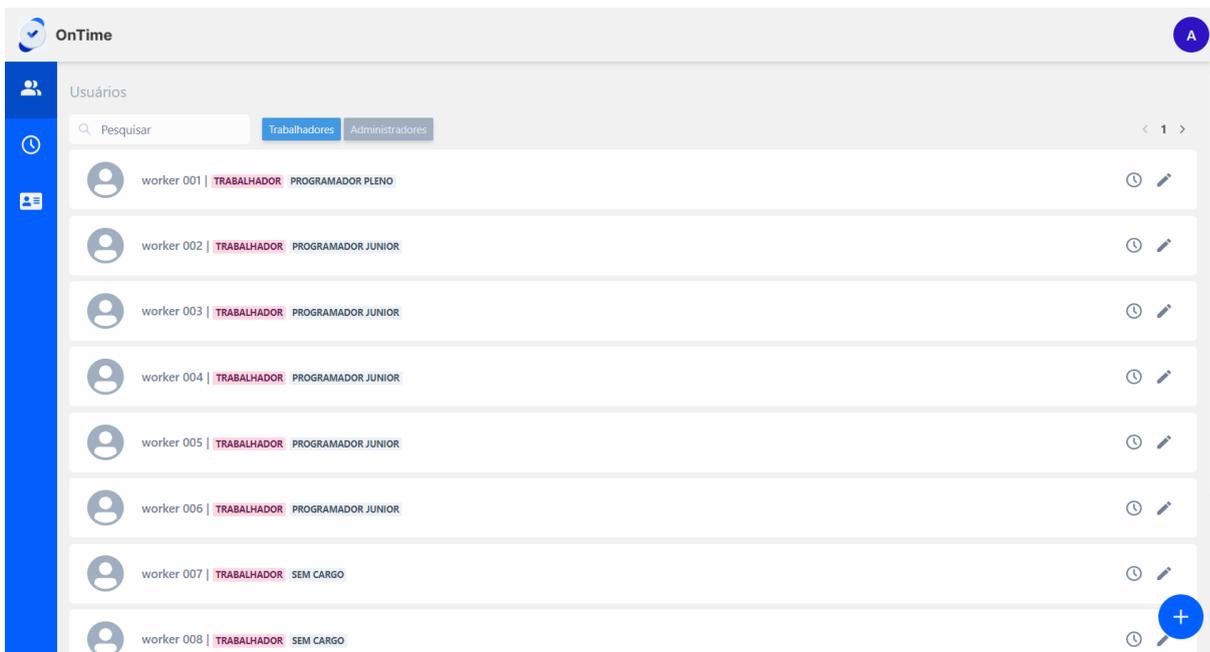
Figura 8 – Tela de login do sistema.



Fonte: Autores (2023)

**Tela de controle de funcionários:** Através do painel administrativo, é possível acessar a tela que permite o cadastro, edição e exclusão de usuários. Além disso, também possibilita o acesso às marcações de ponto dos funcionários. Essa tela é mostrada na Figura 9.

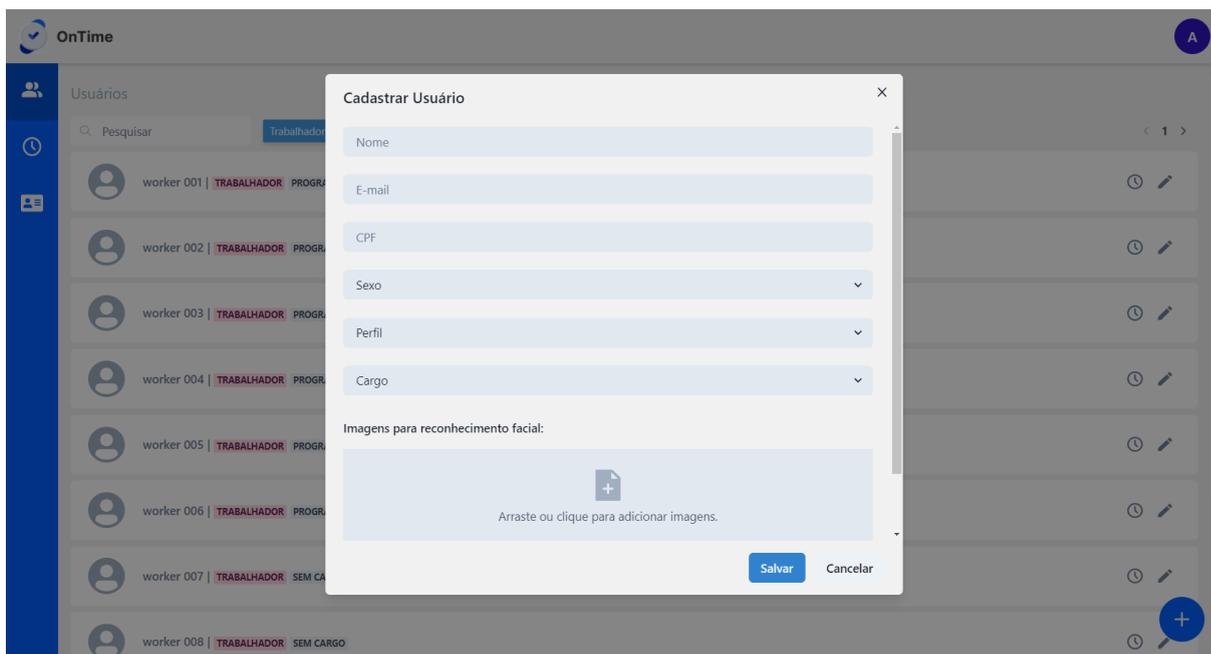
Figura 9 – Tela de controle de funcionários do sistema.



Fonte: Autores (2023)

**Modais para cadastro e edição de dados do funcionário:** Através desses recursos, o administrador pode cadastrar trabalhadores, editar seus dados e adicionar as imagens para o reconhecimento facial. Essa funcionalidade é apresentada na tela ilustrada na Figura 10.

Figura 10 – Tela do sistema para cadastro de funcionários.

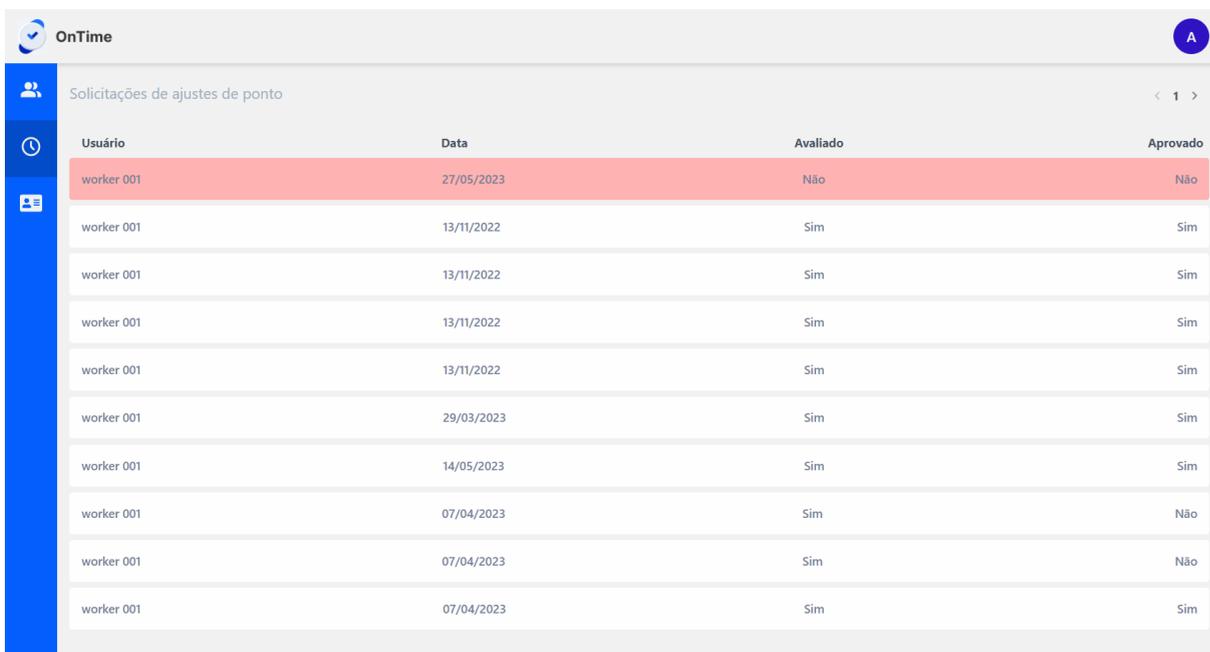


The image shows a screenshot of the 'OnTime' system interface. A modal window titled 'Cadastrar Usuário' is open, displaying a registration form. The form includes the following fields: 'Nome', 'E-mail', 'CPF', 'Sexo' (a dropdown menu), 'Perfil' (a dropdown menu), and 'Cargo' (a dropdown menu). Below these fields is a section for 'Imagens para reconhecimento facial' with a plus icon and the text 'Arraste ou clique para adicionar imagens.' At the bottom right of the modal are 'Salvar' and 'Cancelar' buttons. The background shows a list of users with columns for 'Usuários', 'Pesquisar', 'Trabalhador', and 'PROGR'.

Fonte: Autores (2023)

**Tela de solicitações de ajustes de ponto:** A tela ilustrada na Figura 11 permite que o usuário administrador avalie as solicitações dos funcionários para ajustes ou correções de registro de ponto.

Figura 11 – Tela do sistema para ajuste/correção de registro de ponto.

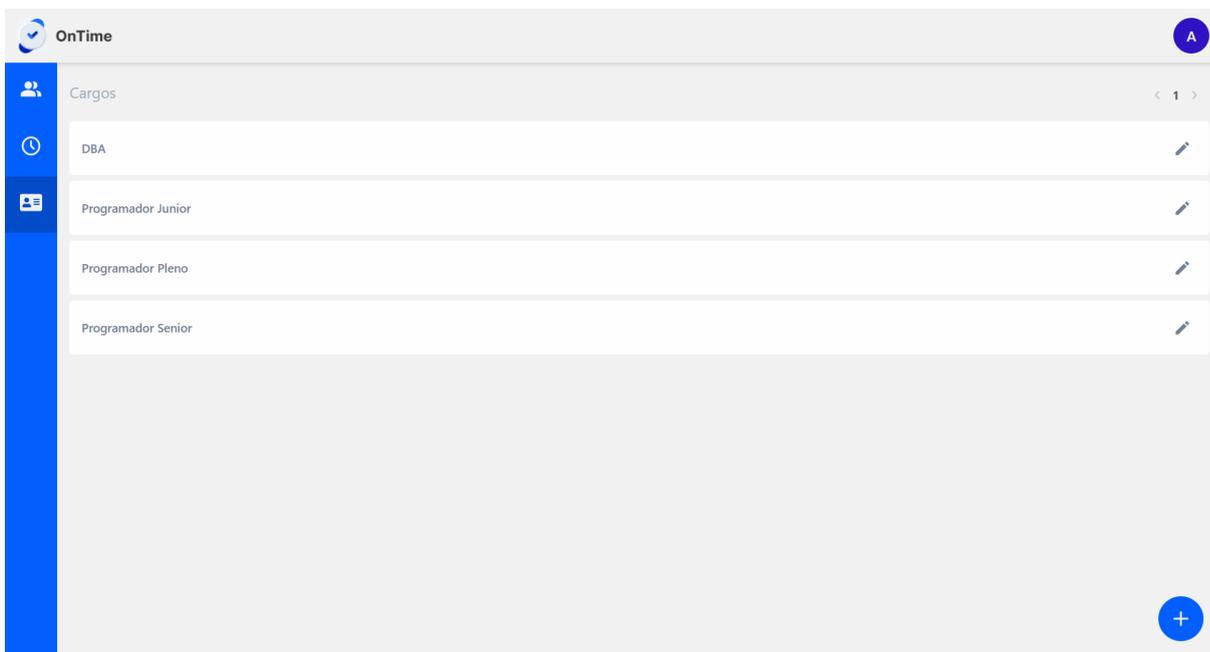


Usuário	Data	Avaliado	Aprovado
worker 001	27/05/2023	Não	Não
worker 001	13/11/2022	Sim	Sim
worker 001	13/11/2022	Sim	Sim
worker 001	13/11/2022	Sim	Sim
worker 001	13/11/2022	Sim	Sim
worker 001	29/03/2023	Sim	Sim
worker 001	14/05/2023	Sim	Sim
worker 001	07/04/2023	Sim	Não
worker 001	07/04/2023	Sim	Não
worker 001	07/04/2023	Sim	Sim

Fonte: Autores (2023)

**Tela de administração de cargos:** A Figura 12 retrata a tela onde é possível cadastrar e editar os cargos que são atribuídos aos trabalhadores.

Figura 12 – Tela do sistema para administração de cargos.



Cargos	Ações
DBA	
Programador Junior	
Programador Pleno	
Programador Senior	

Fonte: Autores (2023)

**Tela de visualização das marcações de ponto:** Através da tela de visualização das marcações de ponto, mostrada na Figura 13, os trabalhadores têm acesso ao seu saldo de horas, registros de horas feitas e podem solicitar ajustes de ponto, se necessário.

Figura 13 – Tela de visualização das marcações de ponto.



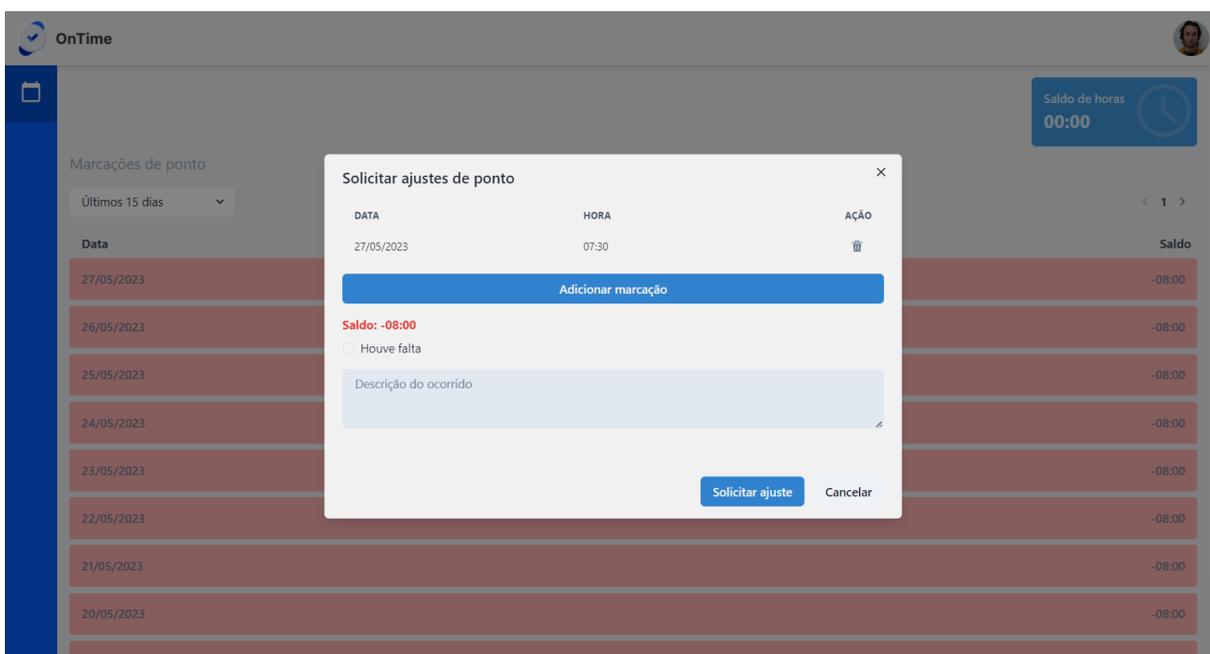
The screenshot displays the 'OnTime' application interface. At the top left, there is a logo and the text 'OnTime'. On the top right, there is a user profile icon and a blue box showing 'Saldo de horas 00:00' with a clock icon. Below the header, there is a section titled 'Marcações de ponto' with a dropdown menu set to 'Últimos 15 dias'. A table below shows a list of dates and their corresponding point balances. The table has three columns: 'Data', 'Marcações de ponto', and 'Saldo'. The 'Saldo' column shows a value of '-08:00' for each date from 27/05/2023 down to 19/05/2023.

Data	Marcações de ponto	Saldo
27/05/2023		-08:00
26/05/2023		-08:00
25/05/2023		-08:00
24/05/2023		-08:00
23/05/2023		-08:00
22/05/2023		-08:00
21/05/2023		-08:00
20/05/2023		-08:00
19/05/2023		-08:00

Fonte: Autores (2023)

**Modal de solicitação de ajustes de ponto:** O modal apresentado na Figura 14 é acessado pelos usuários para solicitar ajustes de ponto. Nele, é possível adicionar e remover horários, além de fornecer uma descrição do motivo da solicitação.

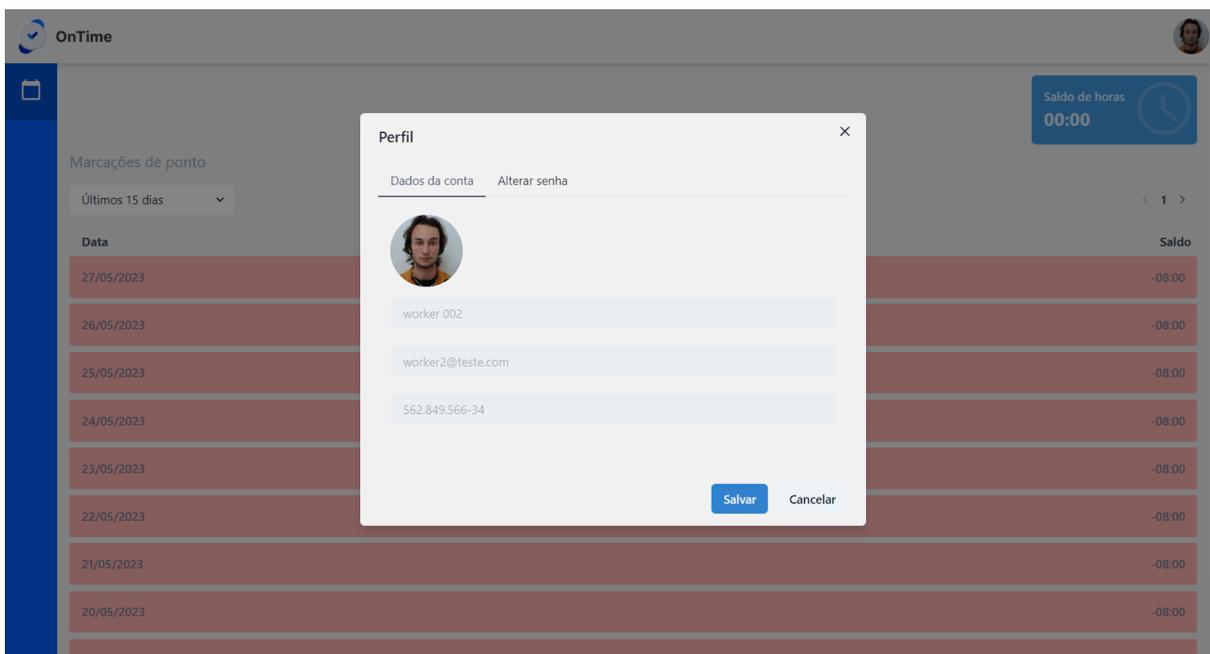
Figura 14 – Modal de solicitação de ajustes de ponto.



Fonte: Autores (2023)

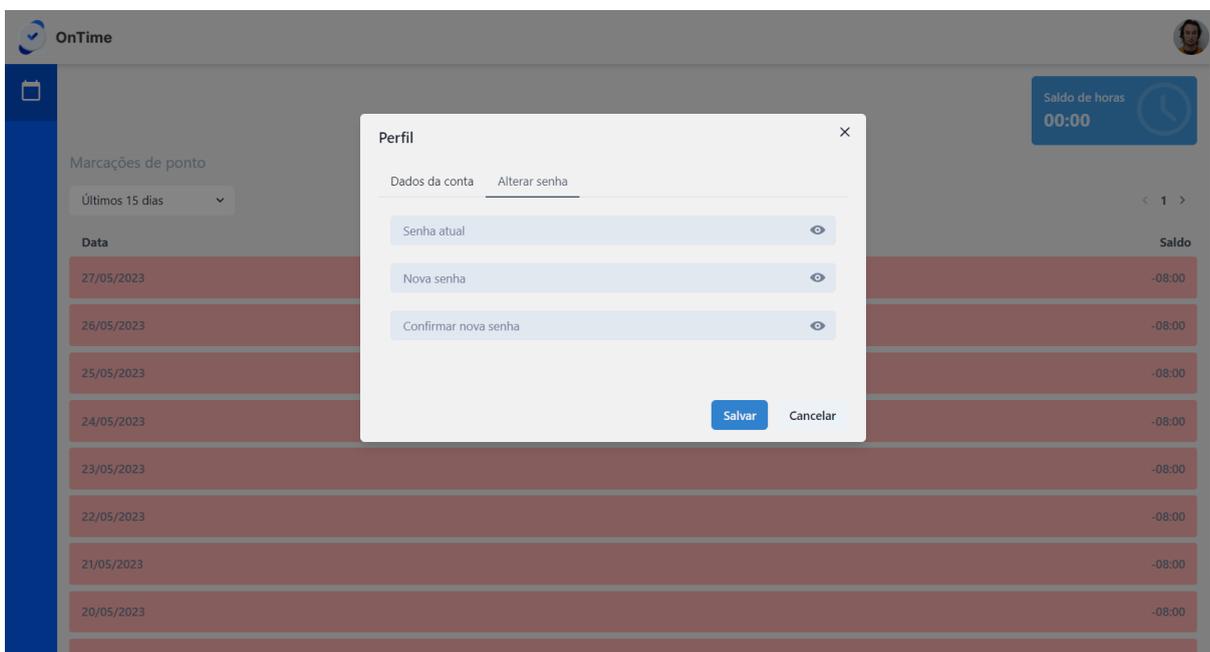
**Modal de dados do perfil do usuário e alteração de senha:** No modal mostrado na Figura 15, o usuário tem a opção de modificar sua imagem de perfil e atualizar seus dados pessoais. Na figura 16 é apresentada a aba que permite ao usuário modificar sua senha.

Figura 15 – Modal de dados do perfil do usuário.



Fonte: Autores (2023)

Figura 16 – Aba para alterar senha do usuário.



Fonte: Autores (2023)

### 4.3 ALGORITMOS DE RECONHECIMENTO FACIAL DA BIBLIOTECA OPENCV

O OpenCV é frequentemente utilizado para reconhecimento facial, oferecendo os algoritmos Eigenface, Fisherface e LBPH, cada um com suas características específicas para identificar os padrões faciais das pessoas.

#### 4.3.1 Eigenface

O Eigenface fornece uma maneira fácil de realizar o reconhecimento facial. Na primeira etapa o algoritmo recebe imagens de faces de cada pessoa a ser reconhecida utilizando-as para “aprender” sobre os modelos das faces. A partir dessas imagens os pixels correspondentes são calculados, de acordo com a variação destes valores são geradas as eigenfaces.

Figura 17 – Sete Eigenfaces geradas a partir de imagens de entrada para a figura 18.



Fonte: Eigenfaces for Recognition (1991)

Com o objetivo de extrair os componentes de maior relevância (*Eigenvectors*), o algoritmo Eigenfaces aplica a técnica PCA.

De acordo com Belhumeur et al. (1997, traduzido pelo autor), a técnica de análise de componentes principais (PCA) é muito utilizada para redução de dimensionalidade em visão computacional, especialmente no reconhecimento facial.

Segundo Turk e Pentland (1991, traduzido pelo autor), durante este processo são descartadas características que não são importantes para o processo de reconhecimento, reduzindo a “dimensionalidade” dessas imagens.

Antes da etapa do reconhecimento facial, os pontos faciais das eigenfaces são alinhados e os pixels são somados e divididos para a obtenção da “face média”. A face média deve ser parecida com a face original da pessoa. Após isso, é realizado o cálculo da distância dos pixels vizinhos mais próximos (KNN), caso a distância calculada esteja abaixo de um determinado limite (threshold), a imagem em análise é classificada como uma face. Por outro lado, se a distância exceder esse limite, a imagem é classificada como não sendo uma face.

Figura 18 – A face média.



Fonte: Eigenfaces for Recognition (1991)

### 4.3.2 Fisherface

O Fisherface é considerado superior a outras técnicas como o Eigenface devido à sua capacidade de maximizar a separação entre as classes durante o treinamento.

Segundo Belhumeur et al. (1997, traduzido pelo autor), o método fisherface demonstra uma capacidade efetiva de separação de classes, o que o torna uma abordagem promissora para lidar com variações de expressão facial e iluminação.

Sua separabilidade entre classes é possível através do uso do método LDA (Linear Discriminant Analysis), sendo esta técnica aplicada nas características extraídas para encontrar as projeções lineares que proporcionam a maior distinção entre as classes.

Após o cálculo das projeções LDA ocorre a classificação e reconhecimento. Durante essa etapa, a imagem de teste é mapeada para o espaço de projeção LDA previamente

calculado, comparando com as imagens do treinamento e determinando a identidade correspondente.

Belhumeur et al. (1997, traduzido pelo autor), conduziram testes experimentais para validar a efetividade do algoritmo Fisherface, utilizando bases de dados que apresentavam variações de expressão facial e iluminação. Esses testes proporcionaram informações importantes sobre o desempenho e a robustez do algoritmo em diferentes condições, reforçando o fisherface como uma técnica importante na área de visão computacional e apresentando seu potencial para aplicações práticas em sistemas de reconhecimento facial.

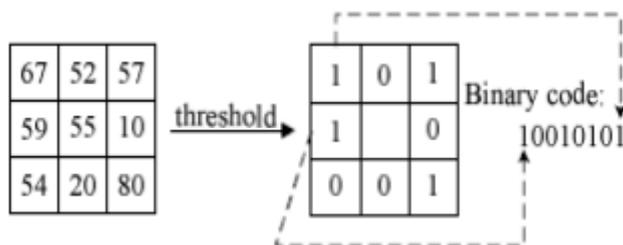
### 4.3.3 LBPH

O LBPH (Local Binary Patterns Histograms) é um algoritmo considerado eficiente no reconhecimento facial, e diferentemente dos demais métodos que citamos este não requer uma grande quantidade de dados de treinamento.

Este algoritmo utiliza o *Local Binary Pattern* (Padrão Binário Local) no qual, de acordo com Meena e Suruliandi (2011, traduzido pelo autor), é um operador não paramétrico usado para descrever a estrutura local de uma imagem. Este operador foi proposto originalmente com o objetivo de classificação de texturas e posteriormente estendido para várias áreas, incluindo detecção e reconhecimento facial.

Em seu funcionamento é realizada uma comparação de cada pixel da imagem com os seus pixels vizinhos. Meena e Suruliandi (2011, traduzido pelo autor) explicam que se o valor do pixel for menor que o pixel central é atribuído o valor 0, caso contrário, é definido como 1. O valor decimal do resultado binário é a característica LBP. Essa operação pode ser visualizada na Figura 19.

Figura 19 – Ilustração do operador básico LBP.



Fonte: Local Binary Patterns and Its Variants for Face Recognition. (2011)

Através dessa análise são identificados padrões locais para cada pixel central, extraíndo características da face e salvando essas informações em um histograma.

Posteriormente, para comparar os padrões locais, são comparados os histogramas da imagem de teste com os histogramas das imagens de treinamento, para que ocorra o processo de reconhecimento. (MEENA; SURULIANDI, 2011)

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para fim de análise e comparação dos algoritmos LBPH, EIGEN e FISHER foram realizados testes no sistema implementado usando faces do banco de imagens FEI, conforme mostrado na Figura 20. O banco FEI é um banco de imagens brasileiro que contém um conjunto de imagens faciais tiradas entre junho de 2005 e março de 2006 no Laboratório de Inteligência Artificial da FEI em São Bernardo do Campo.

Figura 20 – Exemplos das variações das imagens do banco FEI.



Fonte: Adaptado do banco FEI (2023)

Foram coletadas imagens de 20 indivíduos, onde no sistema cadastramos 8 imagens para cada, totalizando 160 imagens. Com isso realizamos o treinamento dos algoritmos e os testes de reconhecimento.

A seguir estão os quadros que apresentam os resultados alcançados nos testes, onde temos 3 colunas em cada, a primeira identifica a pessoa cadastrada. A segunda coluna indica o nível de confiança, expresso principalmente pela distância para identificar a face mais semelhante no conjunto de dados. Em outras palavras, quanto menor o valor da distância, maior é o grau de certeza do algoritmo em relação ao reconhecimento. E por fim temos a terceira coluna que nos informa se o algoritmo reconheceu o indivíduo corretamente.

Quadro 5 – Resultados obtidos pelo algoritmo LBPH.

<b>LBPH</b>		
<b>Pessoa</b>	<b>Confiança</b>	<b>Reconheceu corretamente</b>
001	89.310	sim
002	84.342	sim
003	83.835	sim
004	89.319	sim
005	90.187	sim
006	91.214	sim
007	98.470	sim
008	84.960	sim
009	71.488	sim
010	68.847	sim
011	65.641	sim
012	70.191	sim
013	78.470	sim
014	96.150	sim
015	67.798	sim
016	72.504	sim
017	92.761	sim
018	72.164	sim
019	87.491	sim
020	80.367	sim

Fonte: Autores (2023)

Quadro 6 – Resultados obtidos pelo algoritmo Eigenface.

<b>Eigenfaces</b>		
<b>Pessoa</b>	<b>Confiança</b>	<b>Reconheceu corretamente</b>
001	1645.269	sim
002	1754.200	sim
003	2240.094	sim
004	1404.459	sim
005	1398.003	sim
006	1833.425	não
007	2388.690	não
008	658.016	sim
009	803.025	sim
010	429.733	sim
011	853.971	sim
012	907.568	sim
013	1501.938	sim
014	1567.355	sim
015	1376.960	sim
016	929.656	sim
017	1353.516	sim
018	568.041	sim
019	2041.807	não
020	1738.515	sim

Fonte: Autores (2023)

Quadro 7 – Resultados obtidos pelo algoritmo Fisherface.

<b>Fisherfaces</b>		
<b>Pessoa</b>	<b>Confiança</b>	<b>Reconheceu corretamente</b>
001	341.576	sim
002	392.246	sim
003	291.191	sim
004	277.512	sim
005	178.644	sim
006	277.888	sim
007	358.286	sim
008	96.039	sim
009	209.228	sim
010	78.063	sim
011	112.865	sim
012	129.947	sim
013	261.661	sim
014	296.197	sim
015	453.667	sim
016	161.167	sim
017	351.431	sim
018	138.382	sim
019	378.278	sim
020	207.867	sim

Fonte: Autores (2023)

Como podemos observar, os algoritmos LBPH e Fisherface se destacaram em comparação ao Eigenface, tendo identificado corretamente todas as 20 pessoas testadas, enquanto o Eigenfaces reconheceu 17. Além disso, os valores mais altos de confiança em relação ao resultado também foram observados, com o algoritmo LBPH ligeiramente à frente, indicando uma taxa de confiança superior em relação aos outros dois algoritmos.

Esse resultado era previsível, considerando que o algoritmo Eigenfaces geralmente apresenta dificuldades em lidar com variações de iluminação e expressões faciais, as quais estavam presentes nas imagens utilizadas, como ilustrado na figura 21.

Figura 21 – Exemplos das variações de iluminação e expressões faciais das imagens do banco FEI.



Fonte: Adaptado do banco FEI (2023)

Embora os resultados obtidos tenham sido promissores, foi identificado que o sistema apresentou algumas limitações em relação ao reconhecimento facial de indivíduos com traços faciais similares. Nos testes realizados, foi constatado que o algoritmo LBPH não apresentou variação no valor da confiança, reconhecendo erroneamente pessoas diferentes como a mesma, o que pode levar a erros de identificação.

Por outro lado, o algoritmo Fisherfaces demonstrou maior variação no valor da confiança, o que possibilita a definição de um limiar para lidar com esses casos. Esses resultados indicam a necessidade de uma análise cuidadosa dos resultados desses algoritmos e de possíveis ajustes para melhorar a precisão do reconhecimento facial em situações mais desafiadoras. Essa análise dos resultados foi fundamental, através destes testes pudemos definir o algoritmo Fisherface como o mais adequado a ser implementado na solução final.

## 6 CONCLUSÃO

Em um ambiente corporativo é comum uma constante movimentação de funcionários ao longo da rotina, com entradas, saídas, horas extras, férias, faltas e abonos. Essa realidade destaca a importância de um controle de presença no trabalho, empregando tecnologias adequadas para o registro de ponto.

Existem diversos tipos de sistemas que permitem um funcionário efetuar o registro de ponto e, independentemente do tipo de controle que uma empresa prefere usar para isso, ele é um instrumento de monitoramento muito importante.

Em nossa pesquisa, concluímos que o desenvolvimento de um sistema de registro de ponto utilizando reconhecimento facial apresentou resultados satisfatórios, embora tenhamos identificado algumas ressalvas ou pontos a serem considerados.

Durante o projeto, obtivemos sucesso ao estudar, compreender o funcionamento e implementar o reconhecimento facial em uma aplicação prática. Durante os testes de nossa implementação, verificamos que o algoritmo LBPH obteve os melhores resultados quando se tratava do valor da confiança, porém em casos com pessoas semelhantes, ocorreram identificações incorretas. Para evitar esse problema, o algoritmo Fisherface se mostrou mais eficaz, pois apresentou maior variação no valor da confiança nesses casos, permitindo estabelecer um limite e evitar identificações equivocadas.

Diante disso, existem indícios de que algoritmos como LBPH e Fisherface são eficazes para reconhecimento facial, porém optamos pelo uso do algoritmo Fisherface para a solução final em nossa aplicação. Essas técnicas de processamento de imagem têm demonstrado bom desempenho na nossa ferramenta, nos permitindo concluir que a biometria facial é altamente aplicável e eficaz no contexto de registro de ponto.

### 6.1 TRABALHOS FUTUROS

Conforme os sistemas de reconhecimento facial se tornam cada vez mais relevantes e precisos, torna-se fundamental conduzir uma análise mais abrangente acerca dessa tecnologia. Nesse sentido, sugerimos, que pode ser desenvolvido como trabalhos futuros, analisar o desempenho de outras bibliotecas open source e explorar outras técnicas de reconhecimento facial. Outros trabalhos podem ser desenvolvidos para avaliar o funcionamento do software em situações mais desafiadoras, como ambientes com pouca

iluminação e variações de ângulo, além de uma amostragem de testes com uma escala maior, onde seria possível ter uma análise mais sólida e identificar possíveis pontos passíveis de correção. Essas medidas serão necessárias para gerar resultados mais precisos e confiáveis.

## REFERÊNCIAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Sistemas Aplicados à Segurança Pública. Cadernos Temáticos – Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Brasília: ABDI, 2010.
- ALURA. Node.JS: o que é, como funciona esse ambiente de execução JavaScript e um Guia para iniciar Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/node-js>. Acesso em: 31 de maio 2023.
- APPONTE.ME (Org.). Sistema ponto: vantagens e desvantagens dos 3 mais usados. 2022. Disponível em: <https://apponte.me/blog/sistema-ponto-vantagens/>. Acesso em: 06 de nov. 2022.
- BACKES, A. R.; JUNIOR, J. J. de M. S. Introdução à Visão Computacional Usando MATLAB. São Paulo: Alta Books, 2016.
- BARELLI, Felipe. Introdução à Visão Computacional: Uma abordagem prática com Python e OpenCV. Brasil: Casa do Código, 2018. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Introdu%C3%A7%C3%A3o\\_%C3%A0\\_Vis%C3%A3o\\_Computacional/CA5ZDwAAQBAJ?hl=pt-BR & gbpsv=0](https://www.google.com.br/books/edition/Introdu%C3%A7%C3%A3o_%C3%A0_Vis%C3%A3o_Computacional/CA5ZDwAAQBAJ?hl=pt-BR & gbpsv=0). Acesso em: 31 de maio 2023.
- BELHUMEUR, P. N.; HESPANHA, J. P.; KRIEGMAN, D. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. [S.l.]: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, 1997.
- BOECHAT, G. C. Investigação de um Modelo de Arquitetura Biometrica Multimodal para Identificação Pessoal. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: [https://www.cin.ufpe.br/~gcb/Dissertacao\\_GLAUCYA\\_BOECHAT.pdf](https://www.cin.ufpe.br/~gcb/Dissertacao_GLAUCYA_BOECHAT.pdf). Acesso em: 31 de maio 2023.
- BRASIL. Decreto Lei nº 5.452 de 01 de Maio de 1943. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10758212/paragrafo-2-artigo-74-do-decreto-lei-n-5452-de-01-de-maio-de-1943>. Acesso em: 20 de out. 2022.
- CATTANI, Antônio David; HOLZMANN, Lorena. Dicionário de trabalho e tecnologia. [S.l.]: Editora Zouk, 2011.
- DE MILANO, Danilo; HONORATO, Luciano Barrozo. Visão computacional. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, 2010.
- EQUIPE OPENCV. Sobre. Disponível em <https://opencv.org/about>. Acesso em: 01 de nov. 2022.

- EQUIPE REACT. React. Uma biblioteca JavaScript para criar interfaces de usuário. Disponível em: <https://pt-br.reactjs.org/>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. [S.l.]: RAE Artigos, 1995.
- HONG, L.; JAIN, A. Integrating faces and fingerprints for personal identification. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 20, n. 1, 1998.
- HowStuffWorks (Org). How Fingerprinting Works. 2008. Disponível em: <https://science.howstuffworks.com/fingerprinting3.htm>. Acesso em: 09 de nov. 2022.
- JAIN, Anil K.; LI, Stan Z. Handbook of Face Recognition. [S.l.]: Springer, 2004. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Handbook\\_of\\_Face\\_Recognition/amVDTdgKYcC?hl=pt-BR&gbpv=0/](https://www.google.com.br/books/edition/Handbook_of_Face_Recognition/amVDTdgKYcC?hl=pt-BR&gbpv=0/). Acesso em: 31 de maio 2023.
- JAIN, Anil K.; ROSS, Arun A.; NANDAKUMAR, Karthik. Introduction to Biometrics. New York: Springer, 2011.
- KRUCHTEN, Philippe. The Rational Unified Process--An Introduction. Vancouver: Addison-Wesley Professional, 2000.
- KUROIWA, B. Tsutsumi; CARRO, S. Detecção De Intrusão Com Reconhecimento Facial Em Imagens Geradas Por Câmeras De Segurança, 2015. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/1424/1459>. Acesso em: 20 de abril 2023.
- LOPES, Eduardo Costa; BINS FILHO, José Carlos; NO, RELATÓRIO TÉCNICO. Detecção de faces e características faciais. Porto Alegre: PUCRS, 2005. Disponível em: <https://www.pucrs.br/facin-prov/wp-content/uploads/sites/19/2016/03/tr045.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2023.
- MAGALHÃES, P. S.; SANTOS, H. D. Biometria e autenticação. Porto: Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (APSI), 2003.
- MAUJOR, M. S. S. React Aprenda Praticando: Desenvolva aplicações web reais com uso da biblioteca React e de seus módulos auxiliares. Novatec Editora, 2021. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=MWkOEAAAQBAJ&pg=RA1-PA5&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=2#v=onepage&f=false](https://books.google.com.br/books?id=MWkOEAAAQBAJ&pg=RA1-PA5&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=2#v=onepage&f=false). Acesso em: 31 de maio 2023.
- MEENA, K., & SURULIANDI, A. Local Binary Patterns and Its Variants for Face Recognition. International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT), Chennai, India, 2011.
- NUNES, Fernanda Todesco. Técnicas de biometria baseadas em padrões faciais e sua utilização na segurança pública. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) -

- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/180402/>. Acesso em: 18 de maio 2023.
- Manual de Frascati: Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental. [S.l.]: OECD, 2007.
- PRESSMAN, Roger S. Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional. 7 ed. São Paulo: Amgh Editora, 2016.
- PONTOTEL (Org.). Registro de ponto: regras, como funciona e quais as modalidades? 2022. Redator PontoTel. Disponível em: <https://www.pontotel.com.br/registro-de-ponto>. Acesso em: 06 de nov. 2022.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale. 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf/>. Acesso em: 20 de maio 2023.
- ROSA, João Luís Garcia. Fundamentos da Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1995.
- ROWE, N. C. Artificial Intelligence Through Prolog. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1988.
- RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro: Campos, 2004.
- SCUA (Org.). Ponto eletrônico vs. Ponto manual: vantagens e desvantagens. 2019. Disponível em: <https://www.scua.com.br/ponto-eletronico-vs-ponto-manual-vantagens-e-desvantagens/>. Acesso em: 06 de nov. 2022.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. Introdução à Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2020.
- SILVA, A. L.; CINTRA, M. E. Reconhecimento de padrões faciais: Um estudo. ENIAC - Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional. Porto Alegre: SBC, 2015.
- TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO (Org.). Jornada de trabalho. Disponível em: <https://www.tst.jus.br/jornada-de-trabalho/>. Acesso em: 07 de nov. 2022.
- TRADINGWORKS (Org.). Relógio de ponto: entenda as vantagens e desvantagens e saiba como otimizá-lo. 2020. Disponível em: <https://tradingworks.com.br/relogio-ponto/>. Acesso em: 07 de nov. 2022.

TURK, Matthew; PENTLAND, Alex. Face recognition using eigenfaces. Maui: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1991.

VAZQUEZ, Carlos Eduardo; SIMÕES, Guilherme Siqueira. Engenharia de Requisitos: Software orientado ao negócio. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia, 2016.

YANG, M. H.; KRIEGMAN, D. J.; AHUJA, N. Detecting faces in images: A survey. [S.l.]: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 24, n. 1, 2002.

ZHOU, Zhi-Hua. Machine learning. [S.l.]: Springer Nature, 2021. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ctM-EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=machine+learning&ots=oZPp\\_2TvYr&sig=yPPK6HL9\\_rQlks4uRhEnIUqnD9w#v=onepage&q&f=false/](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ctM-EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=machine+learning&ots=oZPp_2TvYr&sig=yPPK6HL9_rQlks4uRhEnIUqnD9w#v=onepage&q&f=false/). Acesso em: 26 de abril 2023.