

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

VINICIUS AMARO CECHIN

**Uma Aplicação para Visualização de Dados  
de Conjuntos de Obras de Artes**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência  
da Computação

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Walter  
Co-orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Maria Dal Sasso  
Freitas

Porto Alegre  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Prof<sup>a</sup>. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco

Diretora do Instituto de Informática: Prof<sup>a</sup>. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do Curso de Ciência de Computação: Prof. Sérgio Luis Cechin

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

*“Go confidently in the direction of your dreams.*

*Live the life you have imagined.”*

— HENRY DAVID THOREAU

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Sérgio Luis Cechin e Graciela da Silva Amaro Cechin, que sempre me incentivaram a buscar os meus sonhos e apoiaram as minhas escolhas, por mais problemáticas que elas pudessem ser para eles. Espero poder retribuir um dia tudo o que fizeram para me ajudar.

Gostaria de agradecer aos meus avós, Adelmo Cechin e Noeli Shiller Cechin, que me apoiaram quando decidi trocar de curso, e me acolheram quando fui estudar em Pelotas para começar o novo curso.

Gostaria de agradecer à minha namorada, Gabriella Rossi Barbieri Homem, por toda compreensão e ajuda dada nos momentos mais difíceis, principalmente nesses últimos anos estressantes.

Também gostaria de agradecer meu orientador Prof. Marcelo Walter, por toda a atenção e dedicação durante este ano.

Por fim, gostaria de agradecer ao Instituto de Informática, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Universidade Federal de Pelotas pelo ensino de qualidade que recebi ao longo do curso, além das diversas oportunidades proporcionadas.

## RESUMO

Apesar dos enormes progressos das pesquisas em visualização de dados e informações, as Artes Visuais ainda não se beneficiam desses avanços na mesma proporção que outros domínios do conhecimento humano. Nesse trabalho será apresentado o desenvolvimento de uma aplicação que utiliza técnicas de visualização para auxiliar na análise da carreira de artistas. A partir de suas obras, um conjunto de características visuais é calculado e armazenado num conjunto de dados de entrada para o sistema, junto a dados como geolocalização e tamanho das obras. O foco da aplicação é a integração de uma série de técnicas de visualização aplicadas a esse conjunto de dados. Essa série de visualizações de informação possibilita ao usuário uma exploração interativa dos trabalhos de um artista, facilitando o entendimento da trajetória artística do mesmo. Como estudo-de-caso a ferramenta foi aplicada às obras de Vincent Van Gogh. Entre outras conclusões sobre sua produção, pode-se verificar as cores e tonalidades mais utilizadas pelo artista, seu período de maior produção artística e as dimensões de suas obras.

**Palavras-chave:** Processamento de Imagens. Pinturas. Artistas Visuais. Análise de Dados.

## **An Application for Visualization of Data from Sets of Works of Art**

### **ABSTRACT**

In spite of the tremendous progress of research in data and information visualization, the Visual Arts still do not benefit from this advancement in the same proportion as other domains of human knowledge. In this work will be presented the development of an application that uses visualization techniques to assist in the analysis of the career of artists. From the artist's works, a set of visual characteristics is calculated and stored in a database, along with data such as geo-location and size of works. The focus of the application is the integration of a series of visualization techniques applied to this database. This set of information visualizations allows the user an interactive exploration of the works of an artist, facilitating the understanding of the artistic trajectory of the artist. As a case study the tool was applied to the works of Vincent Van Gogh. Among other conclusions about its production, can be verified the colors and tonalities most used by the artist, his period of greater artistic production and the dimensions of his works.

**Keywords:** Computer Vision, Paintings, Visual Artists, Data Analysis, Image Processing.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

RGB	Red-Green-Blue
HSB	Hue-Saturation-Brightness
CSV	Comma-Separated Values
IDE	Integrated Development Environment
SUS	System Usability Scale

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Interface da aplicação desenvolvida. ....	13
Figura 3.1 Sistema de Cores HSB.....	23
Figura 3.2 Sistema de Cores RGB .....	24
Figura 4.1 Gráfico de Setores: Pesquisa de intensão de votos .....	25
Figura 4.2 Gráfico de Barras: Melhor Fruta no Grupo .....	26
Figura 4.3 Gráfico de Dispersão: Idade Mulheres X Idade Maridos .....	26
Figura 4.4 Gráfico de Série Temporal: Temperatura máxima entre 1915 e 2005.....	27
Figura 4.5 Gráfico de Coordenadas Paralelas: Plot de atributos de jogadores de FA.....	28
Figura 5.1 Funcionalidades do Sistema Desenvolvido .....	29
Figura 5.2 Fluxograma do Processo de construção do Conjunto de Dados de Entrada ..	32
Figura 5.3 Fluxograma do Processo de carregamento das informações das obras .....	33
Figura 5.4 Exemplo de carregamento de arquivo CSV.....	34
Figura 5.5 Fluxograma do Processo de Construção da Lista de Imagens das Obras.....	35
Figura 5.6 Lista de Imagens e Imagem Destacada no Sistema.....	35
Figura 5.7 Representação do Sistema HSB na Aplicação .....	36
Figura 5.8 Distribuição de Obras nos Meses do Ano.....	37
Figura 5.9 Distribuição de Pinturas Criadas pelo Artista ao Longo dos Anos .....	37
Figura 5.10 Gráficos de Dispersão e Série Temporal da Aplicação.....	38
Figura 5.11 Gráfico com Atributos das Obras como Linhas Verticais.....	39
Figura 5.12 Filtros de Obras Utilizados pelo Sistema .....	39
Figura 5.13 Mapas dos Locais de Criação de Obras de Arte.....	40
Figura 5.14 Tamanho Relativo de Obras em Relação a uma Pessoa de 1,70m.....	41
Figura 6.1 Exemplos de Obras do Conjunto de Entrada.....	42
Figura 6.2 Lista de Obras de Van Gogh com Tamanho Fixo .....	43
Figura 6.3 Lista de Auto-Retratos de Van Gogh com Tamanhos Relativos.....	43
Figura 6.4 <i>Cluster</i> de Distribuição das Obras no Sistema HSB.....	44
Figura 6.5 Distribuição dos Meses de Criação das Obras de Van Gogh.....	45
Figura 6.6 Distribuição das Categorias das Obras de Van Gogh .....	45
Figura 6.7 Comparações das Obras pelos Canais no Sistema RGB .....	46
Figura 6.8 Variação de Brilho das Obras Durante um Período de Tempo .....	47
Figura 6.9 Distribuição das Obras Produzidas em Função do Tempo .....	47
Figura 6.10 Destaque de Obra no Gráfico de Coordenadas Paralelas.....	48
Figura 6.11 Destaque de Obra no Gráfico de Coordenadas Paralelas Com Data Mo- dificada.....	48
Figura 6.12 Resultados Parciais do Questionário SUS .....	51



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivo	12
1.3 Aplicações	13
1.4 Organização do Trabalho	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1 Histórico	15
2.2 Conceitos de Visualização	16
2.3 Trabalhos Relacionados	18
<b>3 CARACTERÍSTICAS DOS DADOS</b>	<b>21</b>
3.1 Características das Obras	21
3.1.1 Data de Criação	21
3.1.2 Local de Criação	21
3.1.3 Autor	22
3.1.4 Dimensões	22
3.1.5 Gênero	22
3.2 Características das Imagens	23
3.2.1 Espaços de Cores	23
<b>4 TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO</b>	<b>25</b>
4.1 Gráficos de Setores	25
4.2 Gráficos de Barras	25
4.3 Gráficos de Dispersão	26
4.4 Gráficos de Coordenadas Paralelas	27
<b>5 DESENVOLVIMENTO</b>	<b>29</b>
5.1 Usuário Típico	30
5.2 Ferramentas e Tecnologias	30
5.2.1 JFreeChart	30
5.2.2 Processing	31
5.2.3 Ambiente de Desenvolvimento	31
5.3 Construção do Conjunto de Dados de Entrada	31
5.4 Funcionalidades da Aplicação	33
5.4.1 Load Dataset	33
5.4.2 Lista Interativa de Obras	34
5.4.3 Gráfico HSB	35
5.4.4 Gráficos Bidimensionais	36
5.4.4.1 Gráfico de Setores	36
5.4.4.2 Gráfico de Barras	37
5.4.4.3 Gráfico de Dispersão e Séries Temporais	38
5.4.4.4 Gráfico de Coordenadas Paralelas	38
5.4.5 Filtros	39
5.4.6 Geolocalização de Origem das Obras	40
5.4.7 Tamanho Relativo	40
<b>6 RESULTADOS</b>	<b>42</b>
6.1 Dados de Entrada	42
6.2 Discussão dos Resultados	43
6.2.1 Lista Interativa de Obras	43
6.2.2 Gráfico HSB	44
6.2.3 Gráfico de Setores	44

6.2.4 Gráfico de Dispersão.....	46
6.2.5 Gráfico de Barras .....	47
6.2.6 Gráfico de Coordenadas Paralelas .....	48
<b>6.3 Avaliação de Usabilidade - Formulário SUS .....</b>	<b>49</b>
6.3.1 Definição .....	49
6.3.2 Participantes .....	49
6.3.3 Procedimentos.....	50
6.3.4 Resultados .....	50
6.3.5 Melhorias Propostas pelos Usuários .....	51
<b>7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A possibilidade de extrair informações de imagens digitais e exibi-las através de técnicas específicas para cada uma foi facilitada pelo aumento da capacidade de processamento dos computadores modernos e de armazenamento das imagens em alta resolução.

As técnicas de visualização de dados são empregadas em ferramentas financeiras (TEKUSOVA; SCHRECK, 2008), gráficos de previsão do tempo (NOCKE; SCHUMANN; BÖHM, 2004), análise da performance e estratégia de esportistas (PINGALI et al., 2001), estudos de comportamento social (GREVET; MANKOFF; ANDERSON, 2010), entre outros.

A representação gráfica dos dados é mais intuitiva do que a leitura e interpretação destes mesmos em sua forma bruta. O uso de cores, formas geométricas e outros tipos de representação gráfica, tornam grandes volumes de dados mais acessíveis, facilitando a sua compreensão (CARD; MACKINLAY; SHNEIDERMAN, 1999).

Donos de acervos de obras de artes têm digitalizado essas obras e disponibilizado as imagens, as quais podem ser usadas por vários pesquisadores, evitando o contato com as obras originais. Em alguns casos específicos imagens em alta resolução, raio-X, infravermelho, ultravioleta e hiper-espectrais são disponibilizadas para instituições parceiras. Um exemplo disso é o trabalho de Johnson e colegas, que utilizou imagens em preto e branco de alta resolução para identificar a autenticidade das obras investigadas (JOHNSON et al., 2008). Outro exemplo é o trabalho realizado em parceria pelo banco ING e a Microsoft, que foi capaz de criar uma nova obra de arte com base nas características retiradas de pinturas originais de Rembrandt (ING, 2016).

### 1.1 Justificativa

A pintura é uma das formas mais antigas de arte conhecida. Através do uso de ferramentas, ou até mesmo dos próprios dedos, artistas têm criado obras de arte com o intuito de decorar, memorizar, instruir, entreter, venerar, provocar, entre vários outros.

Estudar essas obras permite entender o comportamento e a vida de nossos antepassados, avaliar quais características se mantêm nos artistas contemporâneos e quais foram perdidas com o tempo. Em geral, esse trabalho é realizado por historiadores da arte, que investigam características das obras, tais como o estilo do artista, a época que foram pintadas e o movimento histórico a que pertencem, para obter novas conclusões sobre o

conjunto de obras avaliado (LAYNE, 1994).

Com a falta de aplicações na área de Artes Visuais que auxiliem nesses estudos, o trabalho desses historiadores se torna muito mais complexo ao terem que estudar grandes conjuntos de obras de arte, produzidas por alguns artistas. Assim torna-se necessário desenvolver ferramentas que sumarizem esse grande volume de dados de forma a facilitar a compreensão dos mesmos e possibilitar uma maior eficiência nos estudos realizados por esses historiadores.

Durante as pesquisas iniciais para o trabalho desenvolvido, não foram encontrados muitos estudos que realmente propusessem uma ferramenta que auxiliasse esses historiadores. Baseado nisso, e também pelo interesse no estudo de artes e da carreira de artistas, a criação dessa ferramenta foi escolhida como objetivo principal desse trabalho, o qual será detalhado na Seção 1.2.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo principal desse trabalho é desenvolver uma aplicação para visualização de dados de obras de arte pertencentes a um artista de forma a auxiliar nos estudos realizados por historiadores e curadores de obras de artes. Este sistema deve ter a capacidade de carregar essas informações de uma base de dados e apresentá-las em uma forma que possa auxiliar na pesquisa e análise interativa das mesmas.

A ferramenta deverá possibilitar, por exemplo, que seja possível verificar os tons de cores mais usados por um artista durante sua carreira, assim como os gêneros escolhidos para cada uma de suas pinturas, de forma a verificar se o artista seguia o estilo de artistas anteriores ou da sua época, ou se ditava o estilo dos próximos. Com um pouco mais de conhecimento sobre a vida do artista, o que historiadores de arte presumivelmente têm, deverá ser possível analisar a interferência de sua vida pessoal nas escolhas das características de suas obras, como, por exemplo, num momento mais triste de sua vida, o artista pintou com tons mais escuros e opacos.

Adicionalmente ao processamento e apresentação das informações das obras, as imagens serão apresentadas pela aplicação. Serão geradas visualizações através de uma série de técnicas escolhidas para auxiliar na compreensão das informações. O desafio principal consiste em gerar visualizações que realmente auxiliem um pesquisador da área de História a investigar a carreira de algum artista ou de um período histórico.

A ferramenta deverá permitir a comparação entre uma obra e o conjunto das obras

registradas. Também deverá ser possível analisar as características de uma obra individualmente. Em todas visualizações as informações da obra selecionada deverá ser destacada das demais para facilitar sua análise. Um exemplo disso pode ser visto na Figura 1.1, onde apresenta-se uma imagem da interface da aplicação desenvolvida. Na figura, as linhas e pontos que representam os dados de todas as imagens são apresentados em cinza nas visualizações exibidas, enquanto que as informações da imagem selecionada são representadas na cor vermelha.

Figura 1.1: Interface da aplicação desenvolvida.



Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido.

### 1.3 Aplicações

O sistema desenvolvido pode ser empregado em diferentes áreas, podendo ser utilizado tanto para atividades culturais, como também para atividades investigativas. Um exemplo disso é a possibilidade de utilizá-lo em museus ou galerias de arte, onde visitantes poderiam utilizar a ferramenta para obter mais informações a respeito das obras em exposição. Um sistema desse tipo poderia ser personalizado para cada instituição, colocando-se no conjunto de dados de entrada do sistema apenas as informações das obras que estão em exposição.

Na área da história da arte, a aplicação pode ser usada para proporcionar formas não convencionais de estudar as obras de arte ou as carreiras dos artistas, facilitando a sua compreensão. Isso pode ser feito processando-se todas as informações adquiridas pelo historiador e então criando-se um conjunto de dados de entrada das obras de arte, específico para a pesquisa desejada.

## **1.4 Organização do Trabalho**

No Capítulo 2, será apresentada uma revisão dos principais conceitos das áreas de Visualização, assim como trabalhos relacionados ao realizado nesse. No Capítulo 3 serão apresentadas algumas características que podem ser extraídas de obras de arte. No Capítulo 4 serão apresentadas algumas das técnicas de visualização utilizadas pelo sistema para análise dos dados das obras. As etapas para o desenvolvimento do sistema serão apresentadas no Capítulo 5, onde cada uma das funcionalidades implementadas e softwares utilizados durante o processo são descritos. No Capítulo 6, os testes e resultados do sistema serão apresentados, junto com uma breve análise dos mesmos. E para concluir, no Capítulo 7, serão apresentadas as conclusões obtidas neste estudo e uma análise de possíveis trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se um breve histórico das áreas abordadas nesse trabalho, assim como uma breve descrição dos conceitos utilizados no mesmo. Também são apresentados trabalhos relacionados ao realizado nesse.

### 2.1 Histórico

Segundo o livro *Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (SOEGAARD; DAM, 2013), a área de Visualização de Dados existe desde o século 2 DC, com a distribuição de conjuntos de dados em colunas e linhas, e evoluiu para as primeiras representações quantitativas no século 17. Conforme ainda o mesmo trabalho, o filósofo e matemático francês René Descartes foi quem construiu as bases para o trabalho do escocês William Playfair. Descartes desenvolveu um sistema de coordenadas bidimensional para a exibição de valores que, no fim do século 18, Playfair utilizou para criar a comunicação gráfica de dados quantitativos. Também conforme (SOEGAARD; DAM, 2013), na segunda metade do século 20, Jacques Bertin utilizou gráficos quantitativos para representar informações de forma “intuitiva, clara, precisa e eficiente”.

Conforme (FRIENDLY, 2008), John Tukey e mais notadamente Edward Tufte expandiram ainda mais os limites da Visualização de Dados. Tukey, com sua nova abordagem estatística e análise exploratória de dados, e Tufte, com seu livro “A exibição visual de informações quantitativas” (TUFTE; GRAVES-MORRIS, 1983). O caminho para o refinamento das técnicas de visualização de dados com outros usos além dos estatísticos foi então aberto.

Segundo (ROSENFELD, 1969), muitas das técnicas de processamento de imagens digitais foram desenvolvidas na década de 1960 em instalações de pesquisa como o *Jet Propulsion Laboratory*, *Massachusetts Institute of Technology*, *Bell Laboratories*, *University of Maryland*, entre outros. Essas técnicas tinham como objetivo a aplicação nas áreas de imagens de satélite, imagens médicas, videofone, reconhecimento de caracteres, melhoria na qualidade de fotografias, entre outras.

De acordo com (ROSENFELD, 1969), na década de 1970, com o desenvolvimento de computadores mais baratos e hardware dedicado, o processamento de imagens digitais em diferentes áreas desenvolveu-se rapidamente. Por exemplo, na área de Medicina tecnologias de processamento de imagens para aplicações médicas foram introduzidas já no

início dos anos 80 (TODD-POKROPEK, 1980).

## 2.2 Conceitos de Visualização

O Professor Edward Tufte argumenta que os usuários das técnicas de visualização de informações têm realizado tarefas de análise específicas, fazendo comparações entre dados ou determinando relações de causalidades entre eles. Assim, afirma Tufte, o design dos gráficos de informação deveriam suportar tais tarefas.

Em seu livro (TUFTE; GRAVES-MORRIS, 1983), Tufte define princípios e métodos para uma visualização mais efetiva:

“Excellence in statistical graphics consists of complex ideas communicated with clarity, precision and efficiency. [...] Graphics reveal data. Indeed graphics can be more precise and revealing than conventional statistical computations.”

Nele, Tufte afirma que os gráficos podem ser mais precisos do que as formas convencionais de apresentação dos dados. Também descreve as características que um gráfico de boa qualidade deve ter. Essas características são as seguintes:

- mostrar os dados;
- induzir o usuário a pensar sobre as informações ao invés da metodologia, design, tecnologias ou qualquer outra característica relacionada com a criação do gráfico;
- evitar distorcer o que os dados querem dizer;
- dar coerência a um grande volume de dados;
- apresentar os dados em vários níveis de detalhamento, desde uma visão geral até uma visão mais detalhada;
- ser fortemente composto pelas descrições estatísticas e textuais do conjunto de dados;
- encorajar o usuário a comparar diferentes tipos de dados;
- apresentar vários números em um pequeno espaço;
- servir a apenas um dos objetivos: descrição, exploração ou tabulação.

Para Tufte, a não aplicação desses princípios pode resultar em gráficos que distorçam a mensagem transmitida pelos dados, o que pode levar a conclusões errôneas. De acordo com esse autor, colocar efeitos decorativos exagerados ou estranhos nos gráficos, que podem não ajudar na compreensão da mensagem, é chamado de *chartjunk*. São exemplos disso o uso exagerado de efeitos 3D ou de perspectiva. Para ele, o percen-



tual de “dados” no gráfico deve ser maximizado, removendo-se os “não-dados”, onde for possível.

Stephen Few resumiu várias das melhores práticas para visualização gráfica em seus livros *Information Dashboard Design: Displaying data for at-a-glance monitoring* (FEW, 2013) e *Show me the numbers: Designing tables and graphs to enlighten* (FEW, 2012). Como, por exemplo, projetar gráficos que sejam auto-explicativos e projetar gráficos que representem as características principais do projeto.

Em seu artigo *Show me the numbers* (FEW, 2004), Stephen Few descreveu alguns tipos de mensagens quantitativas que usuários poderiam tentar entender de uma série de dados e os gráficos associados a elas que poderiam auxiliar na sua compreensão. Eles são:

- **Série Temporal:** Uma variável é analisada ao longo de um período de tempo. Por exemplo, a taxa de Gás Carbônico emitida pelos Estado Unidos da América entre os anos de 2003 e 2009. Um gráfico de linha pode ser usado para visualizar essa característica.
- **Ranqueamento:** Categorias são ranqueadas em ordem ascendente ou descendente, como no *ranking* de estudantes de acordo com as notas dos mesmo no semestre corrente. Um gráfico de barras pode ser usado nesse caso.
- **Percentual:** Categorias são medidas como percentual do todo, como na representação da divisão dentre competidores de um dado mercado. Um gráfico de setores ou de barras consegue demonstrar a comparação de percentuais dentre as categorias.
- **Desvio:** Categorias são comparadas com uma referência, como na comparação entre a variação no percentual do peso dos clientes de uma academia. Um gráfico de barras pode ser usado para mostrar a comparação entre o gasto real e o previsto.
- **Distribuição de Frequência:** Mostra o número de observações de uma dada variável num intervalo definido, como o numero de pessoas pertencentes a cada faixa salarial no ano de 2008. Um histograma pode ser usado para tal análise.
- **Correlação:** Comparação entre observações representadas por duas variáveis para determinar se elas variam direta ou inversamente. Por exemplo, comparar a distância percorrida da bolsa de golfe e a velocidade da tacada do golfista. Um gráfico de dispersão é tipicamente usado para representar essa característica.
- **Comparação Nominal:** Comparação entre categorias sem uma ordem específica. Por exemplo, o volume de vendas por produto. Um gráfico de barras é a melhor

escolha para esse tipo de comparação.

- Geométrica ou Geoespacial: Comparação de variáveis distribuídas em um mapa, planta de terreno, ou algo do tipo. Podem ser exemplos, a distribuição de renda familiar por estado no mapa do país e a distribuição dos setores na planta de uma loja. Um cartograma é tipicamente utilizado para isso.

### 2.3 Trabalhos Relacionados

Apesar do aumento das pesquisas na área de História das Artes, ainda são poucos os estudos relacionados ao desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar historiadores na análise de obras de artes e artistas que as criaram através de dados quantitativos e qualitativos extraídos das mesmas. A seguir são apresentados alguns trabalhos que têm como foco a extração de informações de imagens para o desenvolvimento de suas pesquisas, afim de apresentar o contexto da área em que o trabalho desenvolvido se enquadra.

Dentro da área de História das Artes, as principais características das obras usadas para sua análise eram do tipo qualitativo (DIMAGGIO, 1987). Porém, muitos grupos da área de computação vêm pesquisando métodos para utilizar dados quantitativos, a fim de extrair diferentes tipos de informações das obras de arte. Como, por exemplo, em (CAI et al., 2015), sistema que reconhece objetos em imagens e obras de arte, e (SALEH et al., 2016), sistema para classificar estilo dos pintores baseado em suas obras. Influenciadas por esses estudos, surgiram pesquisas que avaliam o impacto da utilização dessas ferramentas de extração e análise de dados quantitativos na área de História da Arte e a reação dos especialistas e historiadores à mesma (SPRATT; ELGAMMAL, 2014).

Em (STORK, 2009) são descritas técnicas de extração de informações de imagens e como foram empregadas para auxiliar nos estudos de obras de artes e suas características. Como exemplos dessas, podem ser citadas as técnicas de:

- *Point-Based Procedures*: Processamento da imagem para extração de informações pixel a pixel. Pode ser utilizado para retirar informações locais da imagem das obras ou realizar análises de vizinhança dos pixels.
- *Analysis of Lighting and Illumination*: Processamento da imagem da obra para verificação da iluminação e comportamento das sombras presentes na imagem, visando compreender o ambiente em que a obra foi pintada.
- *Analysis of Brush Strokes and Marks*: Utiliza-se de algoritmos de reconhecimento

de padrões para analisar a orientação dos traços realizados pelo artista em cada uma de suas pinturas com o intuito de compreender as técnicas utilizadas por ele, assim como poder reconhecer se a obra foi pintada pelo mesmo.

Em (SMEULDERS et al., 2000) é feita uma análise de 200 referências na recuperação de imagens baseada em conteúdo. Primeiramente, são abordadas as condições de trabalho para a recuperação de imagens, como: padrões, tipos de imagens, características semânticas e sensoriais. Em sequência, são discutidos os passos computacionais necessários para recuperação das imagens.

O primeiro passo discutido é o processamento das figuras, que então são classificadas por: cor, textura, e geometria local. Após, é discutida a utilização das características na recuperação, que, por sua vez, podem ser classificadas por: características acumulativas e globais, pontos de saliência, entre outras. A semelhança entre imagens e objetos presentes nas mesmas é então analisada para cada um dos tipos de características, assim como os resultados provenientes de cada interação.

Em (ING, 2016), um grande conjunto de imagens das pinturas de Rembrandt foi construído e analisado, pixel a pixel para extrair as características do artista. Além das imagens usadas serem de alta resolução e 3D, elas ainda foram melhoradas através de algoritmos de *deep learning*.

Para decidir que tipo de pintura seria criada, o conjunto de obras foi analisado em busca de quais elementos proporcionariam uma maior base de pinturas de modelo. Para que a nova obra fosse fiel ao estilo de Rembrandt, foi construído um sistema que pudesse entender as formas geométricas, composições e materiais de pintura que Rembrandt usava.

Um algoritmo de reconhecimento de faces identificou e classificou as formas geométricas mais usadas pelo artista ao pintar características humanas. Outro algoritmo mediu a distância entre cada uma das características pintadas por Rembrandt e armazenadas de forma percentual. Essas por sua vez foram transformadas, rotacionadas, e escalonadas para então serem colocadas na nova pintura cuidadosamente para manter o estilo do artista. A iluminação foi então renderizada baseada nos dados adquiridos de forma que fossem criadas sombras realistas para a obra criada. E assim surgiu uma nova pintura com as mesmas características percebidas nas obras de Rembrandt.

Em (LI et al., 2012) é realizada uma análise da orientação dos traços das pinturas de Van Gogh e de suas características de forma a poder autenticar obras supostamente pintadas por ele, assim como comparar suas características com as de seus contemporâ-

neos.

Em (SHAMIR; TARAKHOVSKY, 2012) foi realizada uma análise das obras de vários autores na tentativa de agrupá-las com base nas suas similaridades, de seus criadores, ou das escolas de arte a que pertencem. Essa análise é feita de forma automática por um sistema computacional de reconhecimento de padrões e *machine vision*, processando as imagens para retirar das obras informações que possam auxiliar na classificação das mesmas, como dimensões, texturas, cores, fractais, entre várias outras.

Apesar da importância das Artes Visuais em geral, e de alguns trabalhos relacionados, não existe uma ferramenta que proporcione uma abordagem integrada de coleções de obras de arte como proposto nesse trabalho.

### **3 CARACTERÍSTICAS DOS DADOS**

Nesse capítulo são apresentados os tipos de dados que foram selecionados para o desenvolvimento das funcionalidades da aplicação, assim como uma breve descrição dos mesmos. Eles dividem-se em dois grupos, características das obras e características das imagens.

#### **3.1 Características das Obras**

Nesta seção estão descritas as características de obras de artes relevantes para a implementação da aplicação desenvolvida.

##### **3.1.1 Data de Criação**

Pode-se dizer que é a data de termino de confecção da obra. Existem três dados importantes a serem considerados nesse atributo. O primeiro é o mês, que auxilia no entendimento do comportamento em certas épocas do ano, assim como em certas estações. O segundo é o ano, que pode ajudar na percepção de padrões de pensamento e ideais de uma época na história, e até mesmo de comportamento da sociedade na época e região em que a obra foi desenvolvida. Ambas podem ser representadas por valores quantitativos e inteiros, ou ainda combinadas num mesmo atributo “Mês/Ano”, que pode ser usado como um terceiro método de exibição dessas informações.

##### **3.1.2 Local de Criação**

Assim como o atributo apresentado na seção anterior, essa característica é muito importante para o estudo dos padrões de comportamento e modo de pensar de uma sociedade de uma certa região. Em combinação com a data, podemos perceber características dos diferentes povos de uma mesma época, assim como as mudanças de comportamento de um povoado ao longo dos anos. Esse atributo é representado de forma qualitativa, e pode ser uma região, vila, cidade, estado, país, ou qualquer outra forma de localidade que possa vir a ajudar no estudo da obra.

### **3.1.3 Autor**

Como os conjuntos de obras a serem analisados podem ser referentes a uma época, assim como qualquer outra forma que não o autor, a inclusão desse atributo é de vital importância para comparar diferentes artistas e as diferentes características pertencentes a cada um deles. Esse atributo é representado qualitativamente, podendo ser, por exemplo, o nome do artista, assim como um pseudônimo ou algo do tipo.

### **3.1.4 Dimensões**

É uma das características mais perceptíveis, podendo até ser considerada a primeira a ser percebida. Visto que ao usar a ferramenta não estamos em contato direto com a obra, ela auxilia na percepção e recriação mental da obra representada. Esse atributo também auxilia em momentos como, por exemplo, ao se analisar duas obras, uma pode possuir mais detalhes do que a outra. Após comparar suas dimensões, percebe-se que uma das telas é maior, e assim proporcionando à imagem dessa pintura mais detalhes na sua visualização do que a menor. Esses atributos são representados quantitativamente, e são a largura, altura, e área da obra de arte.

### **3.1.5 Gênero**

Representa o assunto abordado na obra. Para não avaliar cada obra como sendo de um gênero diferente, criam-se grupos de características nos quais as obras são distribuídas, como, por exemplo, paisagem da terra, auto-retrato, retrato, paisagem da cidade, vida estática, interiores, etc. Pode-se perceber tendências de um artista durante uma época apenas avaliando esse atributo, como um período em que o artista tenha criado quadros apenas de um gênero específico. Esse atributo é representado de forma qualitativa, normalmente definido por historiadores de arte, e foi definido a partir das categorias estabelecidas pelos locais de onde as imagens das obras foram extraídas, por exemplo (VANGOGHMUSEUM, 2016).

## 3.2 Características das Imagens

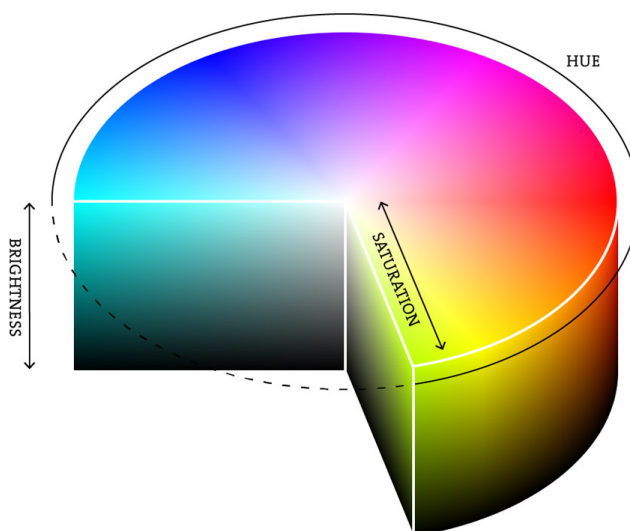
Nesta seção estão descritas as características de imagens que foram extraídas das representações digitais das obras e utilizadas para o desenvolvimento das visualizações da aplicação. Essas características indicam as tendências de uso de cores por um artista, e juntamente com dados temporais, podem auxiliar na percepção de tendências de um artistas a usar uma certa cor em um dado momento de sua carreira.

### 3.2.1 Espaços de Cores

Em obras de arte como quadros, as cores utilizadas são uma de suas características mais marcantes. Foi decidido apresentar esta característica através de dois espaços de cores diferentes: HSB e RGB.

HSB é sigla para *Hue*, *Saturation* e *Brightness*. *Hue* expressa a cor propriamente dita através de um valor entre  $0^{\circ}$  e  $360^{\circ}$  correspondentes aos ângulos em um círculo. *Saturation* indica a pureza da cor, normalmente representado por valores entre 0 e 100%. Por fim, *Brightness* indica a quantidade de luz da cor, seus valores podem variar da mesma forma que a *Saturation*. A Figura 3.1 ilustra esse espaço de cores.

Figura 3.1: Sistema de Cores HSB

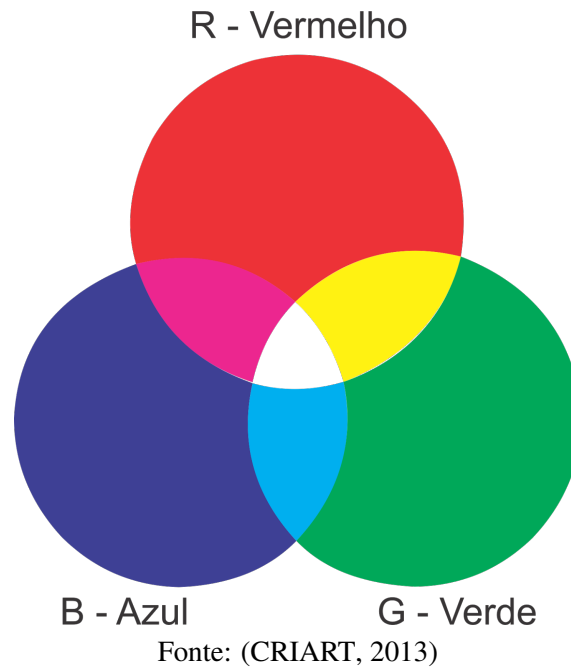


Fonte: (SCRIPTTUTORIALS, 2014)

Já a sigla RGB significa *Red*, *Green*, e *Blue*, que representa os três canais de cores utilizados por esse sistema. Uma determinada cor é obtida pela soma de suas componentes no intervalo 0 (ausência da cor) a 255 (máximo da cor). Para a aplicação, o atributo

que representa os três canais em conjunto, chamado RGB na ferramenta, é calculado através da seguinte fórmula:  $d = \sqrt{\frac{r^2}{n} + \frac{g^2}{n} + \frac{b^2}{n}}$ , na qual  $n$  representa o número de *pixels* da imagem,  $r$  representa o somatório dos canais da cor vermelha desses *pixels*,  $g$  e  $b$  representam o mesmo para os canais da cor verde e azul respectivamente, e  $d$  representa a distância do ponto  $(0,0,0)$  até o ponto  $(r,g,b)$ . A Figura 3.2 ilustra esse espaço de cores.

Figura 3.2: Sistema de Cores RGB





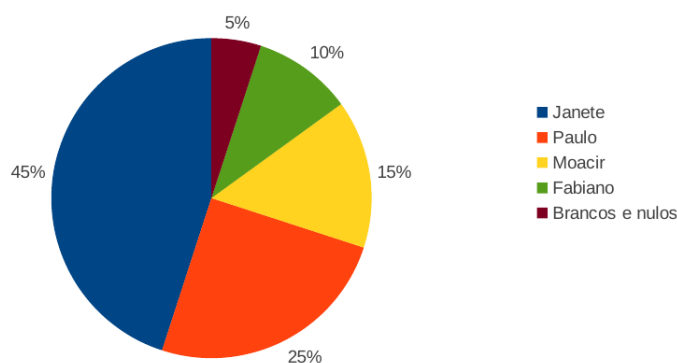
## 4 TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO

Nesse capítulo são apresentadas as técnicas de visualização de dados utilizadas para construção da ferramenta desenvolvida, assim como uma breve descrição das suas características.

### 4.1 Gráficos de Setores

Também chamado de gráfico circular ou gráfico de pizza, é um diagrama circular onde os valores de cada categoria estatística representada é proporcional às respectivas medidas dos ângulos. Para representar esses gráficos, é necessário que os valores sejam percentuais, para isso deve-se definir a frequência relativa dos dados observados, que é definido por:  $\frac{n}{N} * 100$ , onde  $n$  é o número de elementos de uma categoria e  $N$  é o total de elementos que serão representados no gráfico.

Figura 4.1: Gráfico de Setores: Pesquisa de intensão de votos



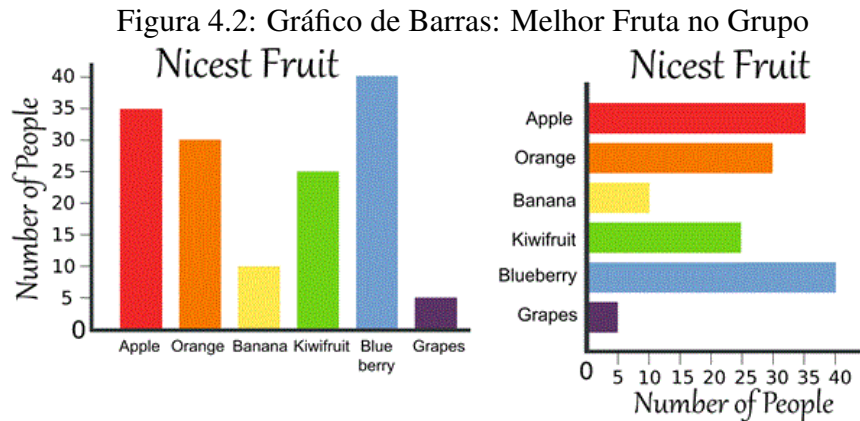
Fonte: (VARGAS, 2016)

### 4.2 Gráficos de Barras

São gráficos que representam grupos de dados através de barras, cujo comprimento é proporcional aos valores que eles possuem. Essas barras podem ser apresentadas horizontalmente ou verticalmente e a partir delas pode-se realizar comparações entre os grupos de dados representados.

Um dos eixos da visualização representa as categorias a serem comparadas, e o outro os valores que as barras possuem. As barras ainda podem ser agrupadas em *clusters* para melhor visualização das diferenças entre as categorias.

Um Exemplo de utilização dessa visualização pode ser visto na Figura 4.2, que apresenta categorias de frutas e o número de pessoas que a preferem. Na esquerda os dados estão representadas como barras verticais e na direita como barras horizontais.

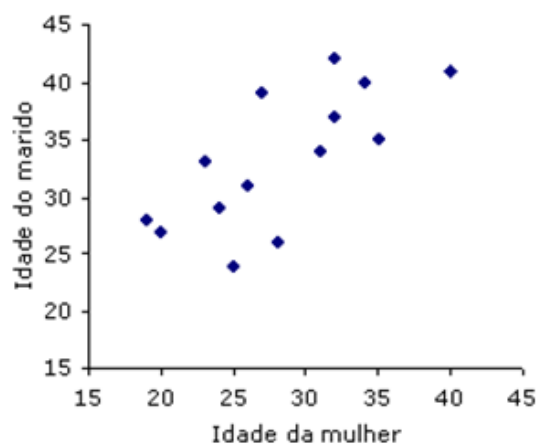


Fonte: (MATHSISFUN, 2015)

### 4.3 Gráficos de Dispersão

Também conhecidos por Diagramas de Dispersão, São representações de duas ou mais variáveis, organizadas em um gráfico, uma em função da outra. Este tipo de gráfico é muito utilizado para correlacionar dados. Por exemplo, na Figura 4.3, os dados no eixo Y representam a idade de mulheres, e o eixo X a idade dos seus respectivos maridos, podendo-se relacionar as idades de cada casal, assim como tendências dentre eles.

Figura 4.3: Gráfico de Dispersão: Idade Mulheres X Idade Maridos



Fonte: (MARTINS, 2012)

Um benefício da utilização dos diagramas de dispersão é a possibilidade de inferir-se uma relação causal entre variáveis. Podendo-se ser utilizado como ferramenta de qua-

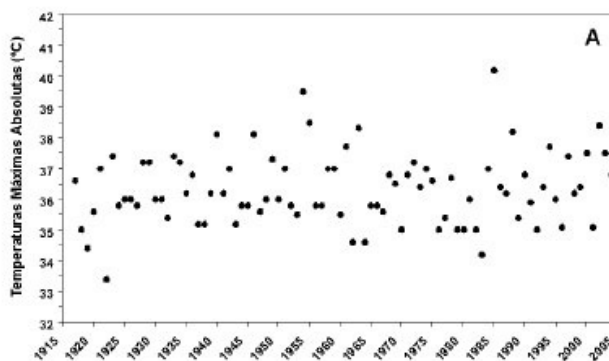
lidade, como um método que permita verificar a existência ou não de relações entre duas variáveis de natureza quantitativa. Isso não prova que uma variável afeta a outra, mas demonstra se a relação existe e sua intensidade.

Este tipo de gráfico também permite que se determine uma reta, que mostra o relacionamento médio linear entre duas variáveis. Com essa reta, acha-se a função que retorna o “comportamento” da relação entre as duas variáveis.

Outra utilização desse tipo de gráfico é para a visualização de séries temporais. Uma série temporal é uma coleção de informações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Nela a ordem dos dados é fundamental para se observar o comportamento das vizinhanças no gráfico, pois as mesmas são dependentes entre si e o objetivo do mesmo é analisar e modelar estas dependências.

As séries temporais podem ser usadas em muitas áreas de aplicação, como: finanças, marketing, ciências econômicas, seguros, demografia, ciências sociais, meteorologia, energia, epidemiologia, etc. Por exemplo, a Figura 4.4 mostra as temperaturas máximas alcançadas entre 1915 e 2005.

Figura 4.4: Gráfico de Série Temporal: Temperatura máxima entre 1915 e 2005



Fonte: (SANSIGOLO, 2008)

#### 4.4 Gráficos de Coordenadas Paralelas

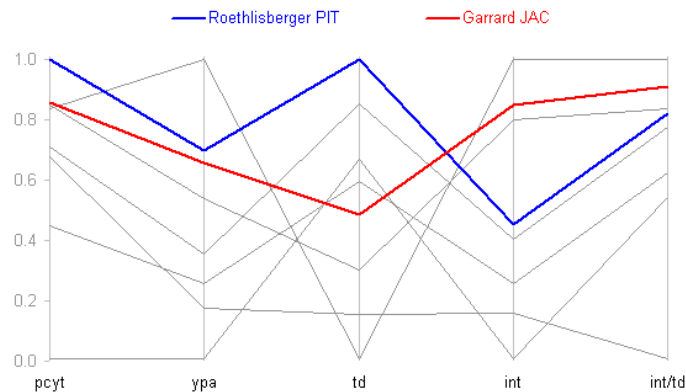
É uma forma muito usada de visualizar e analisar dados de gráficos multi-dimensionais, usada desde o século XIX (D’OCAGNE, 1885) e popularizada por Alfred Inselberg (INSELBERG, 1985). É muito parecida com uma série temporal, mas o eixo X não representa um período de tempo, não tendo uma ordem natural. Assim, diferentes ordenamentos dos valores do eixo X geram diferentes visualizações.

Esse gráfico é formado por  $n$  eixos paralelos, que representam as  $n$  dimensões

de um espaço n-dimensional. Cada ponto desse espaço é representado como uma linha com vértices sobre cada um desses eixos e representam o valor do ponto no espaço n-dimensional para aquela dimensão.

Os valores são sempre normalizados, o valor mais baixo representa 0% e o maior 100%. Isso significa que para cada ponto ao longo do eixo X, o menor valor na coluna correspondente está configurado para 0% e o maior valor naquela coluna está configurado para 100% ao longo do eixo Y. A escala das colunas são totalmente não correlacionadas, por esse motivo a comparação da altura da curva em uma coluna com a altura da curva em outra dificilmente significará algo.

Figura 4.5: Gráfico de Coordenadas Paralelas: Plot de atributos de jogadores de FA



Fonte: (PELTIER, 2014)

## 5 DESENVOLVIMENTO

Figura 5.1: Funcionalidades do Sistema Desenvolvido



Fonte: Autor

Neste capítulo serão detalhadas todas as etapas envolvidas no desenvolvimento da aplicação. Primeiramente são descritas as ferramentas, tecnologias e ambiente utilizados no seu desenvolvimento, em seguida são descritos como foram processadas as imagens e informações das obras para composição do conjunto de dados de entrada da ferramenta. Depois são descritas cada uma das funcionalidades, enumeradas na Figura 5.1, do sistema desenvolvido nesse trabalho:

1. **Load Dataset** - carregamento do arquivo de entrada na aplicação, todas outras funcionalidades e visualizações são criadas especificamente para o conjunto de dados processados a partir do mesmo. É realizado através do menu principal da aplicação;
2. **Lista de Obras Interativa** - lista de miniaturas das obras colocadas lado a lado, podendo ser ordenada por diferentes características das obras e cada imagem pode ser usada para modificar a obra em destaque na ferramenta;
3. **Gráfico HSB** - exibe a distribuição do *dataset* no sistema HSB de coloração, onde cada ponto representa uma obra;
4. **Gráficos Bidimensionais** - diferentes técnicas de visualização para exibir as informações das obras;
5. **Filtros** - vários filtros para selecionar apenas os dados que deseja-se analisar;

6. **Geolocalização de Origem das Obras** - indica, através da localização em um mapa, o local onde foram criadas as obras;
7. **Tamanho Relativo**- mostra a relação entre o tamanho da obra em destaque e o de uma pessoa de 1,70m de altura.

## 5.1 Usuário Típico

Por ser um sistema focado na facilidade de uso e melhor compreensão das informações apresentadas, foram considerados como usuários típicos da ferramenta, pessoas de áreas diversas e que não tinham muita experiência com gráficos complexos e com ferramentas de visualização de dados. Os gráficos desenvolvidos no trabalho foram escolhidos com base nesses usuários, visto que, em sua maioria, são gráficos comumente utilizados em meios informativos, como jornais, revistas, televisão, etc.

Os testes do sistema desenvolvido foram realizados por usuários com esse perfil, assim possibilitando uma melhor avaliação da complexidade do sistema e da sua curva de aprendizagem. Mais detalhes dos testes serão apresentados na Seção 6.3.

## 5.2 Ferramentas e Tecnologias

Nesta seção estão descritas as ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema.

### 5.2.1 JFreeChart

Para o desenvolvimento de algumas das visualizações da aplicação utilizou-se a biblioteca JFreeChart (LIMITED, 2010). Ela é uma biblioteca de gráficos para a linguagem JAVA que suporta a criação de uma grande variedade de gráficos, como de setores, de linhas, segmentos temporais, de dispersão, entre outros.

O projeto da biblioteca foi desenvolvido por David Gilbert no fim de 1999 e foi patrocinado por *Object Refinery Limited*. Por ser um código *open source* sob a licença *GNU Lesser General Public Licence*, é possível utilizá-la e modificá-la no trabalho sem custos.

### 5.2.2 Processing

É uma linguagem de programação de código *open source* e que possui sua própria IDE (FRY, 2001). Foi desenvolvida com o intuito de ensinar noções básicas de programação em um contexto visual e como base para *Electronic Sketchbooks*. Seu desenvolvimento começou em 2001 por Casey Reas e Ben Fry, ex-membros do Grupo de Computação do **MIT Media Lab**. A linguagem é baseada na linguagem de programação Java, simplificando algumas de suas características e criando outras novas.

Cada código gerado é na verdade uma subclasse da classe Java *PApplet*, que implementa a maioria das funcionalidades básicas das funcionalidades codificadas no programa. Ao compilar o código programado em *Processing*, todas classes adicionais definidas são tratadas como classes internas ao traduzir o código para Java antes de compilar.

Foi utilizada no processamento das imagens das obras para extração de suas informações e construção do conjunto de dados de entrada. Foi escolhida por ser uma linguagem de fácil implementação e capaz de realizar esse processamento de forma rápida e eficaz. Mais detalhes sobre sua utilização no trabalho serão mostrados na Seção 5.3.

### 5.2.3 Ambiente de Desenvolvimento

Para o desenvolvimento do sistema desse trabalho foi utilizado um computador com o sistema operacional *Windows 10 Education*, com processador *i7-4710HQ*, 8GB de memória RAM e placa de vídeo *NVIDIA GeForce GTX 850M*. A IDE utilizada foi a *IntelliJ 2016.1.2* (JETBRAINS, 2000).

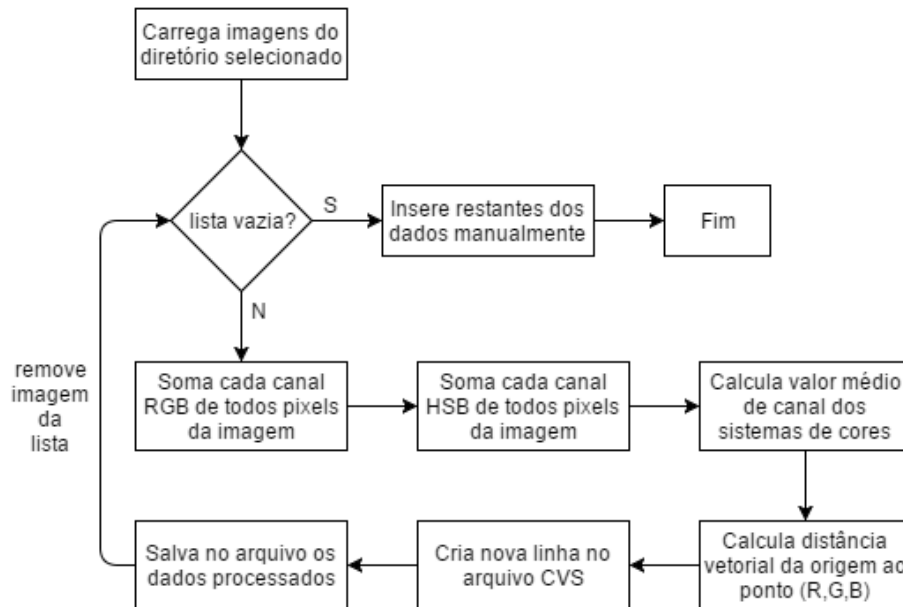
## 5.3 Construção do Conjunto de Dados de Entrada

Um importante elemento do sistema desenvolvido neste trabalho é o conjunto de dados que contém as informações das obras. A partir dele, os dados serão carregados na ferramenta para geração das visualizações desenvolvidas.

Primeiramente são coletadas as imagens digitais das obras assim como as informações que não são recuperáveis através do processamento das mesmas. Em seguida as imagens são processadas por um algoritmo implementado na linguagem *Processing*, que

retira informações previamente definidas das mesmas. O algoritmo é descrito no fluxograma apresentado na Figura 5.2.

Figura 5.2: Fluxograma do Processo de construção do Conjunto de Dados de Entrada



Fonte: Autor

Nesse processo é criado um arquivo de extensão .csv contendo os dados extraídos pelo algoritmo. Logo após as informações coletadas anteriormente ao processamento da imagem da obra são adicionadas no arquivo para complementar as informações da mesma. Esse arquivo será usado pela aplicação principal para carregar os dados usados para a geração de suas visualizações. Esse arquivo é composto pelos seguintes campos:

- **ID:** Identificador único do conjunto de informações de uma obra;
- **Red:** Valor médio do canal vermelho (sistema RGB) dos pixels na imagem da obra;
- **Green:** Valor médio do canal verde (sistema RGB) dos pixels na imagem da obra;
- **Blue:** Valor médio do canal azul (sistema RGB) dos pixels na imagem da obra;
- **RGB:** Valor médio da distância vetorial do ponto (r,g,b) à origem (0,0,0) dos pixels na imagem da obra;
- **Hue:** Valor médio de **Hue** (sistema HSB) dos pixels na imagem da obra;
- **Saturation:** Valor médio de **Saturation** (sistema HSB) dos pixels na imagem da obra;
- **Brightness:** Valor médio de **Brightness** (sistema HSB) dos pixels na imagem da obra;
- **Altura:** Altura em centímetros da obra;
- **Largura:** Largura em centímetros da obra;



- **Ano:** Ano de termino da obra;
- **Mês:** Mês de termino da obra;
- **Categoria:** classe de pinturas ao qual a obra pertence;
- **Autor:** Nome do criador da obra;
- **Origem Latitude:** Latitude do local onde a obra foi criada;
- **Origem Longitude:** Longitude do local onde a obra foi criada;
- **Imagem Obra:** Nome do arquivo com a imagem digital da obra.

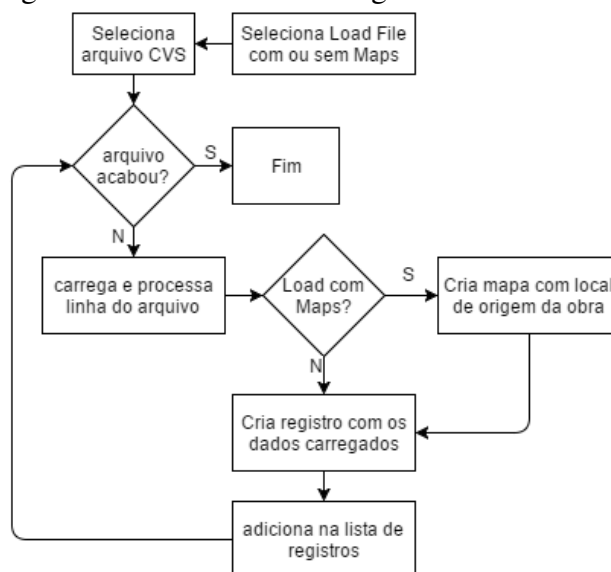
## 5.4 Funcionalidades da Aplicação

Nesta seção é explicado em detalhes como as funcionalidades do sistema foram desenvolvidas e como funcionam.

### 5.4.1 Load Dataset

Essa funcionalidade será a primeira a ser executada pelo usuário do sistema. Ela tem como finalidade o carregamento dos dados do arquivo .csv mencionados na Seção 5.3. Cada linha do arquivo representa uma obra, essa é lida e então tratada por um *parser* que separa os campos e cria um registro com as informações da obra. Esse registro é então salvo na lista de obras da aplicação para futuramente gerar as visualizações.

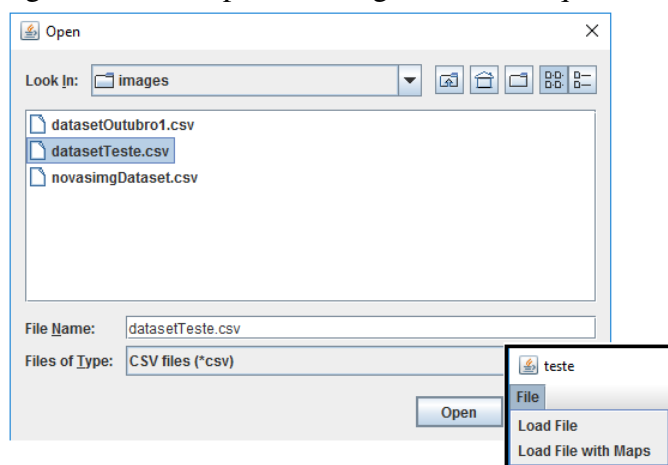
Figura 5.3: Fluxograma do Processo de carregamento das informações das obras



Fonte: Autor

Existem dois modos de realizar o carregamento dos dados, um cria o mapa indicando a localização que a obra foi criada, e outro no qual esse atributo não é carregado. Essa funcionalidade foi implementado para permitir o carregamento do conjunto de dados mais rapidamente caso a informação de localização fosse desnecessária. Esse atraso é devido a demora da API do GoogleMaps (GOOGLE, 2016b) ao gerar as imagens com as informações de geolocalização. O processo de execução do carregamento pode ser vista na Figura 5.3. Um exemplo de sua execução no sistema é mostrado na Figura 5.4, onde é mostrada a seleção do arquivo de entrada dos dados das obras e no seu canto inferior direito o menu expandido de seleção da operação desejada.

Figura 5.4: Exemplo de carregamento de arquivo CSV



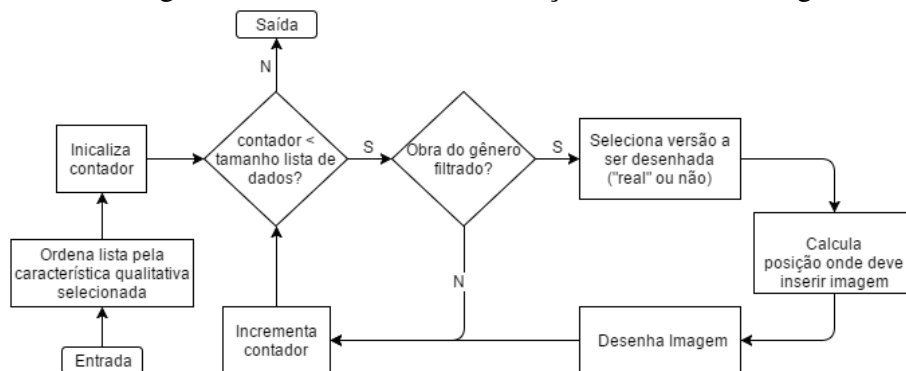
Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

## 5.4.2 Lista Interativa de Obras

Para a interface da ferramenta ser mais amigável as imagens das obras carregadas são apresentadas lado a lado. Isso permite ao usuário selecionar a obra que deseja-se visualizar mais informações de forma mais interativa. As imagens das obras ainda podem ser ordenadas utilizando diferentes critérios de acordo com os filtros usados, os quais serão mencionados na Subseção 5.4.5. O fluxograma da Figura 5.5 mostra o processo de construção da lista de imagens de acordo com os dados carregados e os filtros selecionados.

Nessa visualização as imagens das obras apresentam tamanhos relativos aproximadamente iguais, dificultando comparações relativas ao tamanho das mesmas. Assim, foi implementado uma funcionalidade que modifica o tamanho das imagens na lista de forma que se possa visualizar as diferenças de tamanho entre elas. Isso é possível escalonando as imagens de acordo com a máxima local da altura das mesmas, através da fórmula:

Figura 5.5: Fluxograma do Processo de Construção da Lista de Imagens das Obras

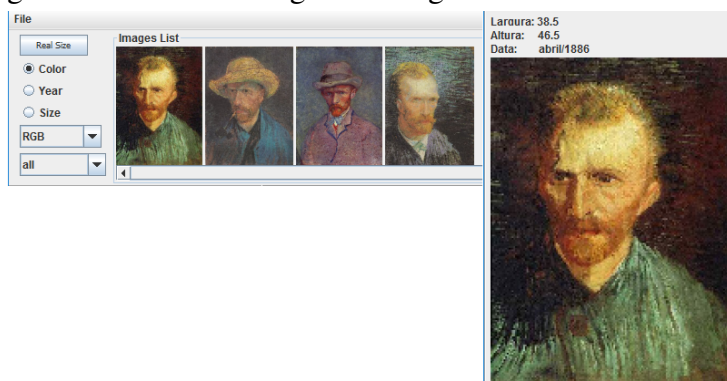


Fonte: Autor

$ImgH * ListWinH / MaxImgH$ . Onde  $ImgH$  é a altura da obra pintada,  $ListWinH$  é a altura da parte da ferramenta onde a lista de imagens será mostrada, e  $MaxImgH$  é a altura máxima dentre as imagens que compõem a lista de obras. Em seguida a largura também é modificada de acordo com a nova altura.

Ao selecionar uma obra na lista, é gerado um evento que encontra o registro de dados referente a imagem selecionada, então as informações do sistema são atualizadas para destacar os dados da obra, como mostrar a miniatura da imagem selecionada no canto esquerdo inferior da aplicação. Na Figura 5.6 pode-se visualizar a lista de imagens e seus filtros à esquerda e a reprodução da imagem da obra e suas informações à direita.

Figura 5.6: Lista de Imagens e Imagem Destacada no Sistema



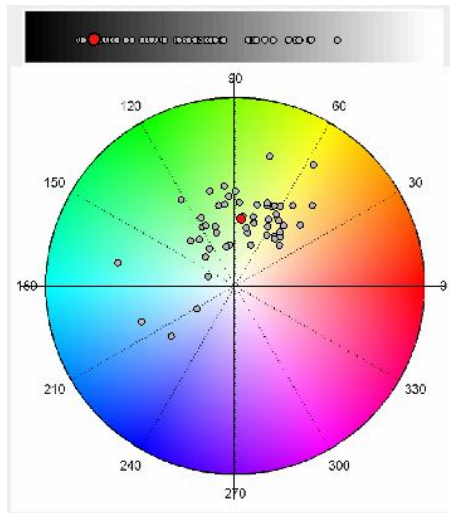
Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

### 5.4.3 Gráfico HSB

Esse gráfico representa o sistema de coloração HSB, onde o ângulo do círculo representa o *Hue*, o raio do círculo é a *Saturation* e, como o círculo é uma representação 2D, *Brightness* é representado por uma linha horizontal, que quanto mais para a direita

mais elevado é seu valor (mais próximo de 100). Cada obra é representada por um ponto em cor cinza no círculo e um na visualização de *Brightness*, já a obra em destaque é representada por pontos vermelhos. Seus valores são calculados pela média de cada canal HSB das imagens das obras. Um exemplo dessa funcionalidade pode ser visto na Figura 5.7.

Figura 5.7: Representação do Sistema HSB na Aplicação



Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

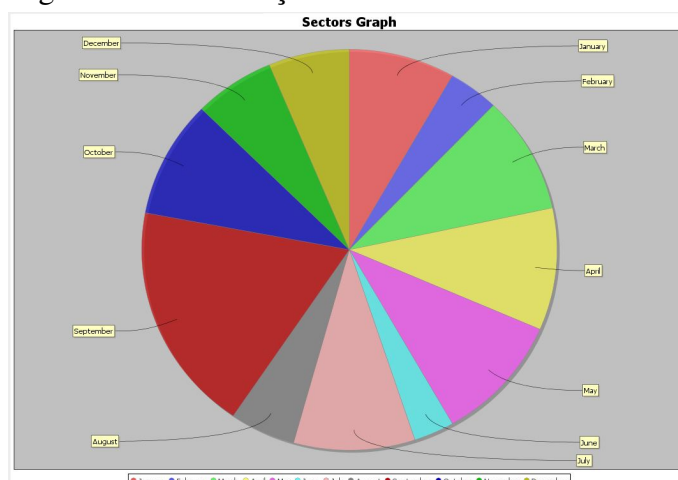
#### 5.4.4 Gráficos Bidimensionais

Essa subseção descreve os diferentes tipos de gráficos bidimensionais que foram desenvolvidos para o sistema desse trabalho. Eles são:

##### 5.4.4.1 Gráfico de Setores

Esse gráfico foi desenvolvido utilizando a estrutura de *Pie Chart* da ferramenta JFreeChart, passando os dados de qualquer atributo seja quantitativo ou qualitativo. A figura 5.8 mostra uma representação desse gráfico na aplicação, onde cada setor representa um mês e sua dimensão equivale ao percentual de quantas obras do conjunto foram criadas no respectivo mês.

Figura 5.8: Distribuição de Obras nos Meses do Ano

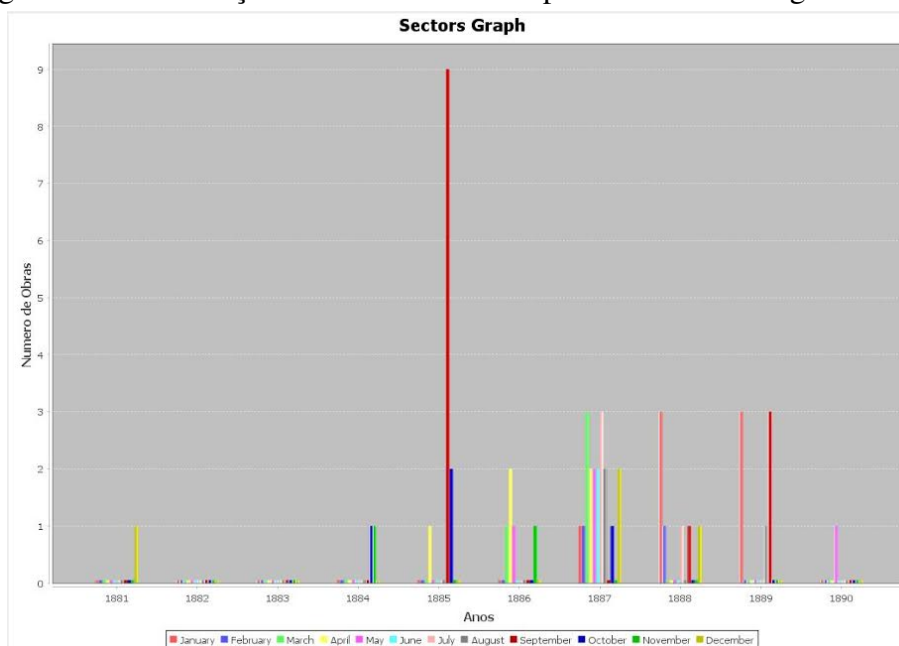


Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

#### 5.4.4.2 Gráfico de Barras

Utilizou-se a estrutura *Bar Chart* da biblioteca JFreeChart para a criação dessa visualização. Essa funcionalidade foi desenvolvida com o objetivo de analisar as épocas de criação das obras do conjunto de entrada. Foram criados *clusters* de barras verticais para representar os anos, onde cada uma dessas barras representa um mês. Um exemplo dessa funcionalidade pode ser visto na Figura 5.9.

Figura 5.9: Distribuição de Pinturas Criadas pelo Artista ao Longo dos Anos

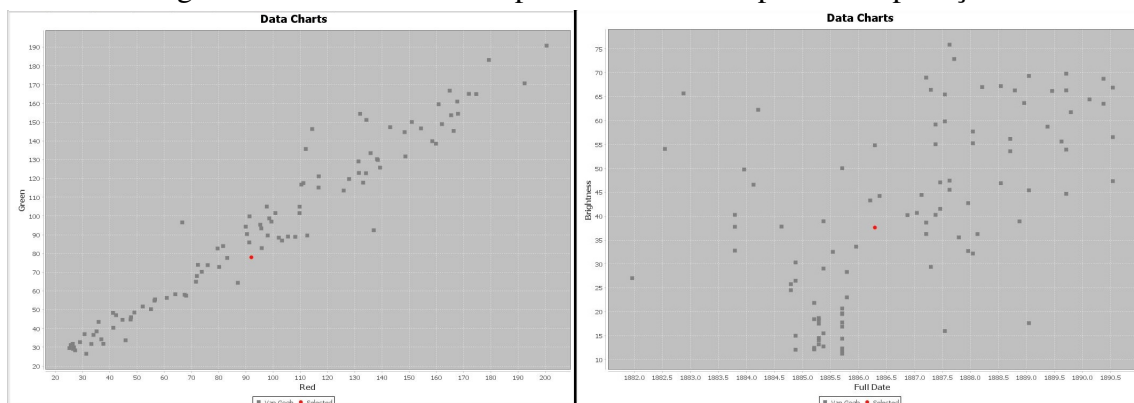


Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

#### 5.4.4.3 Gráfico de Dispersão e Séries Temporais

Ambos utilizam a estrutura de *Scatter Plot* da JFreeChart. Para selecionar os dados que representarão o eixo X e o eixo Y, foram criados dois botões acima do gráfico. De acordo com os valores selecionados o gráfico pode ser tanto de dispersão quanto de série temporal. Exemplo de utilizações dessas funcionalidades são apresentados na Figura 5.10. À esquerda é apresentado um gráfico de dispersão, onde os canais R e G das obras estão representados nos eixos X e Y respectivamente e à direita um gráfico de série Temporal, onde os valores de brilho do canal HSB das obras (eixo Y) é representado ao longo de um período de tempo (eixo X).

Figura 5.10: Gráficos de Dispersão e Série Temporal da Aplicação



Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

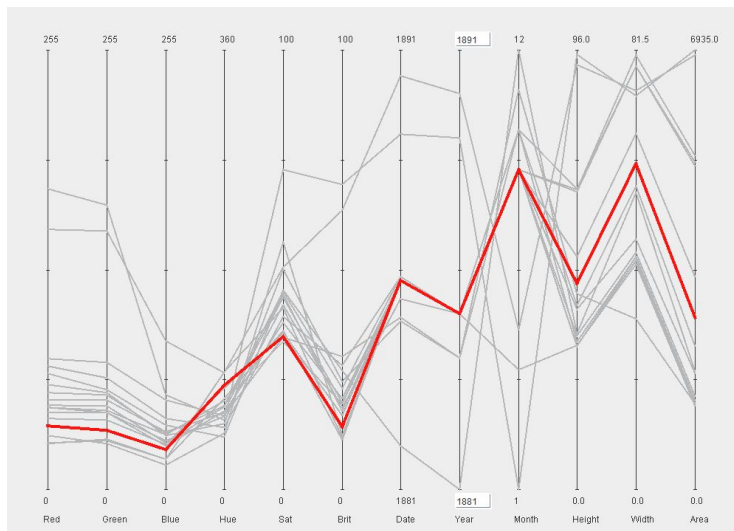
#### 5.4.4.4 Gráfico de Coordenadas Paralelas

Nesse gráfico foi criado uma linha vertical para cada atributo do registro de uma obra. Acima de cada uma dessas linha são criados vértices de acordo com o valor da obra para o atributo correspondente, que então são ligados por uma reta com o vértice da linha vertical vizinha. Assim é formada uma reta que representa cada grupo de dados de uma obra. Pode-se visualizar essa característica na Figura 5.11, onde a linha vermelha representa uma obra, que somada as cinzas representam o conjunto de obras sendo visualizado.

Na linha vertical correspondente ao ano pode-se modificar o valor máximo e mínimo das datas analisadas, para possibilitar a escolha do período analisado, desde que esses valores contenham todas imagens do conjunto de obras exibidas. Ao modificar os limites de anos, o valor da linha que representa o ano e mês juntos também é alterado. Após essas alterações as linhas que representam cada obra são atualizadas para suas novas

posições no gráfico.

Figura 5.11: Gráfico com Atributos das Obras como Linhas Verticais

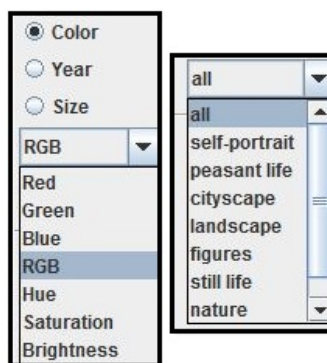


Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

#### 5.4.5 Filtros

Os filtros foram desenvolvidos para propiciar ao usuário visualizar somente as informações e obras que lhe interesse, assim como organizá-los de forma a auxiliar nas suas análises. Foram desenvolvidas duas categorias dos mesmos:

Figura 5.12: Filtros de Obras Utilizados pelo Sistema



Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

- Por Características Quantitativas:** Esse filtro permite que as imagens sejam ordenadas de forma que cresça do atributo escolhido. Caso seja escolhido o atributo *Cor*, ainda é possível utilizar outro filtro que indica que tipo de sistema e qual canal será utilizado para o ordenamento. Esse pode ser visualizado na Figura 5.12 à esquerda. A partir da imagem pode-se perceber que existe um menu expansível para

selecionar que tipo de filtro por cor será utilizado, quando o tipo “color” estiver selecionado, para ordenar as obras

- **Por Gênero das Obras:** Esse filtro permite que o usuário visualize apenas as obras do gênero escolhido, sem que haja interferência das outras obras na lista de seleção. Esse filtro também altera os dados apresentados nas outras funcionalidades da ferramenta, propiciando uma melhor análise das obras de gênero selecionado. Os valores para esse filtro foram definidos através dos gêneros existentes na página do Museu de Van Gogh (VANGOGHMUSEUM, 2016), de onde foram extraídas algumas das obras usadas como caso-de-teste no trabalho (detalhes no Capítulo 6). Esse filtro é apresentado na Figura 5.12 à direita.

#### 5.4.6 Geolocalização de Origem das Obras

Para indicar onde a obra foi criada, decidiu-se utilizar o GoogleMaps (GOOGLE, 2016b) para apontar a geolocalização da mesma. O mapa é colocado no canto esquerdo da tela e modificado de acordo com a obra em destaque. O usuário pode optar por não mostrar esses dados, quando carrega as imagens do arquivo .csv, escolhendo a opção de “Load Files Without Maps” descrita na Subseção 5.4.1. Um exemplo do resultado da utilização dessa funcionalidade é apresentado na Figura 5.13

Figura 5.13: Mapas dos Locais de Criação de Obras de Arte



Exemplo: Imagem resultante do sistema desenvolvido

#### 5.4.7 Tamanho Relativo

Proposta pela professora Paula Viviane Ramos, da área de Artes Visuais, numa reunião informal realizada durante o processo de desenvolvimento da ferramenta. Essa funcionalidade auxilia na percepção do tamanho real da obra. Foi considerado a altura de 1,70 para a representação de uma pessoa na visualização. Para calcular a proporção da obra em relação à representação da pessoa, é utilizada a fórmula  $hObra =$



$(h_{MiniPessoa} * h_{RealObra})/170$ , onde  $h_{RealObra}$  representa a altura real da obra,  $h_{MiniPessoa}$  é a altura que a imagem da pessoa tem na atual escala da ferramenta, e  $h_{Obra}$  representa a altura proporcional da obra em relação à imagem da pessoa. Em seguida a imagem é escalonada a partir das dimensões da obra original de acordo com a altura proporcional da obra, calculada anteriormente. Exemplos dessa funcionalidade são apresentados na Figura 5.14.

Figura 5.14: Tamanho Relativo de Obras em Relação a uma Pessoa de 1,70m



Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos através do uso da ferramenta com um conjunto de dados de obras de arte como entrada. Uma descrição desses dados é feita na Seção 6.1. Nas seções seguintes são testadas e discutidas cada uma das funcionalidades presentes no sistema. Por fim são analisados os resultados da aplicação do teste com usuários da usabilidade da ferramenta.

### 6.1 Dados de Entrada

Para realizar os testes da ferramenta, foram escolhidas as obras do pintor Vincent Van Gogh. Ele foi escolhido pela importância de suas obras, por possuir um grande conjunto de pinturas disponíveis e por possuir uma grande variedade de gêneros.

As informações de 150 obras do conjunto de cerca de 800 obras (mais de 1000 ao considerar todos rascunhos desenhados das obras produzidas) do artista foram recuperadas de (WIKIPEDIA, 2016) e (VANGOGHMUSEUM, 2016), processadas pelos algoritmos de tratamento de imagens para extração das informações de cor e salvas no arquivo de entrada do sistema (A Figura 6.1 apresenta imagens de algumas dessas obras).

Figura 6.1: Exemplos de Obras do Conjunto de Entrada



Fonte: (WIKIPEDIA, 2016) e (VANGOGHMUSEUM, 2016)

Chegou-se a esse valor em questão da complexidade de construir a base de dados das obras, pois todos dados qualitativos da obra tiveram que ser inseridos manualmente no arquivo CSV, processo que tomou muito tempo para cada obra. Outro ponto que aumenta com o número de obras, é o tempo de carregamento do arquivo de entrada do conjunto de obras na ferramenta, processo que leva em torno de 90 segundos para o carregamento com

a geolocalização e 50 segundos para o carregamento sem essa funcionalidade no ambiente apresentado na Seção 5.2.3.

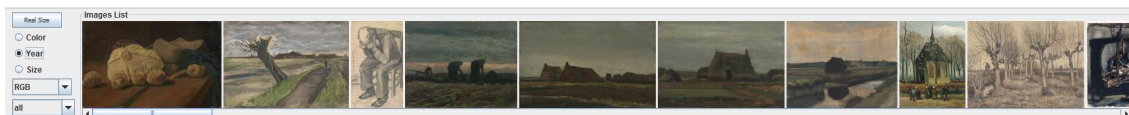
## 6.2 Discussão dos Resultados

Nesta Seção são apresentadas as principais funcionalidades do sistema desenvolvido nesse trabalho e seus resultados nos testes executados.

### 6.2.1 Lista Interativa de Obras

Esta lista possibilitou uma forma mais interessante de interação com o conjunto de obras. Ao invés de usar uma lista com nomes para selecionar a obra que desejasse destacar das demais na ferramenta, decidiu-se optar por uma lista de miniaturas das imagens. Pode-se visualizar a lista de imagens carregadas no sistema na Figura 6.2. Essa lista pode ser navegada através de uma barra de rolagem, permitindo a visualização de todo o conjunto de obras.

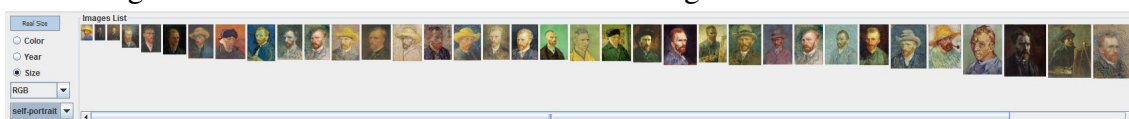
Figura 6.2: Lista de Obras de Van Gogh com Tamanho Fixo



Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

Com a ajuda dessas miniaturas é possível realizar comparações entre as obras sem ter que analisar as técnicas de visualização principais. Um exemplo pode ser visto na Figura 6.3, que mostra a diferença de tamanho entre as obras, ao utilizar a funcionalidade que modifica as imagens da lista para seus tamanhos relativos em relação as outras.

Figura 6.3: Lista de Auto-Retratos de Van Gogh com Tamanhos Relativos

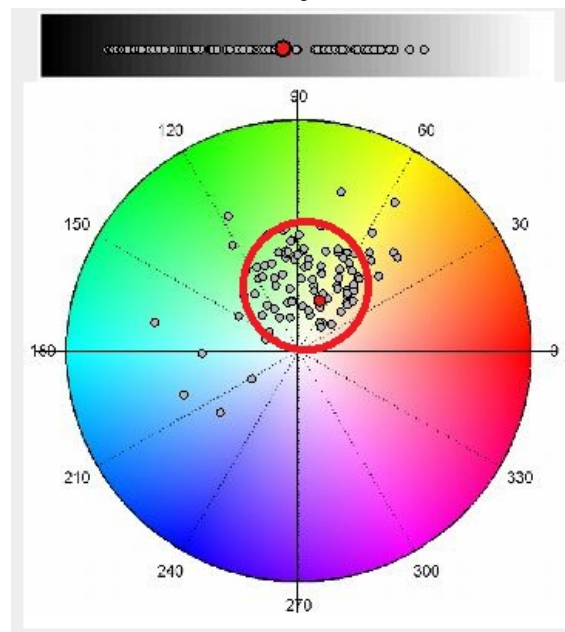


Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

### 6.2.2 Gráfico HSB

Com a utilização desse gráfico é possível perceber padrões de cores e tonalidades utilizadas nas obras pertencentes ao conjunto de entrada do sistema. Como pode-se ver na Figura 6.4, as obras concentram-se em torno dos valores 60-120 de *Hue*(ângulo) e 10-50 de *Saturation*(raio).

Figura 6.4: *Cluster* de Distribuição das Obras no Sistema HSB



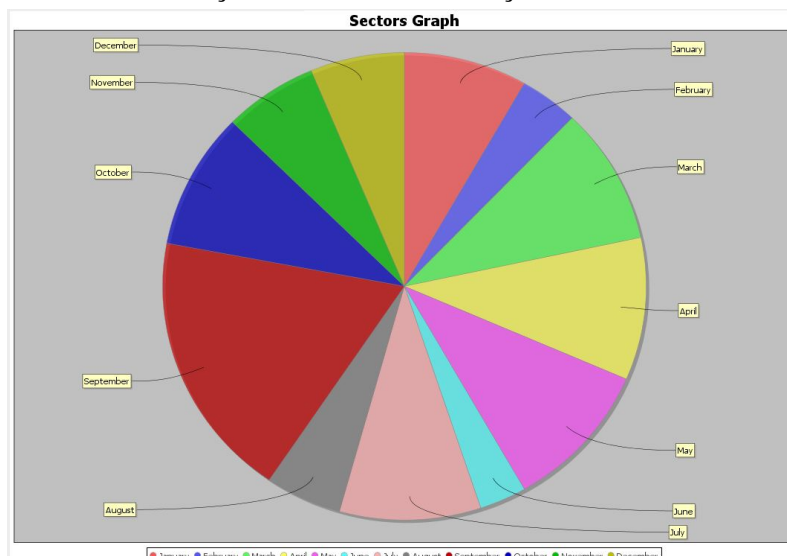
Fonte: Autor

Analisando o campo de *Brightness* do mesmo gráfico na Figura 6.4 (linha com tons de cinza acima do círculo), pode-se perceber que as obras estão bem distribuídas nos possíveis valores do mesmo, embora também seja possível inferir que existem mais obras com tons escuros do que claros (maior aglomeração a esquerda da barra).

### 6.2.3 Gráfico de Setores

Com a ajuda dessa funcionalidade é possível comparar o valor percentual de cada categoria pertencente a algum atributo de um conjunto de obras. A partir dessas informações pode-se realizar análises sobre a vida do artista e suas tendências de estilo. Um exemplo pode ser visto na Figura 6.5, onde cada mês é um setor e alguns são maiores que os outros, indicando que Van Gogh pintou a maior parte das obras analisadas naquele período. Como Setembro, que ocupa cerca de 20% do gráfico.

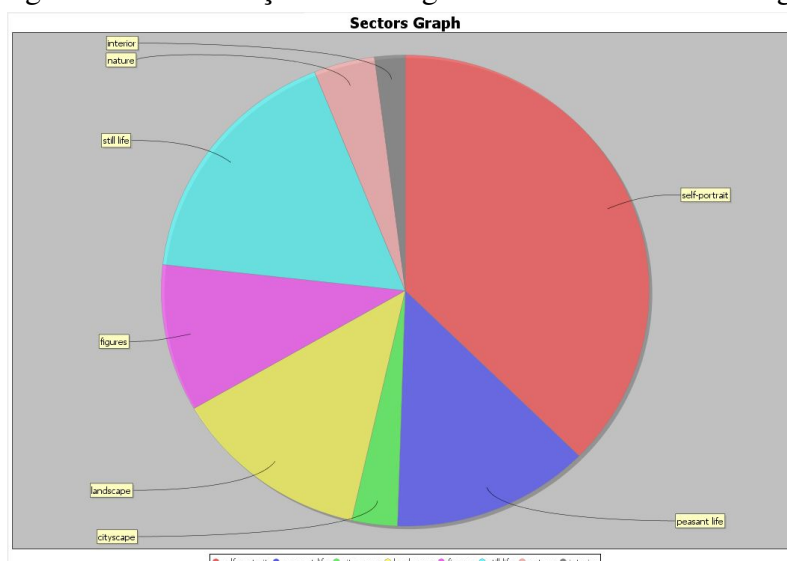
Figura 6.5: Distribuição dos Meses de Criação das Obras de Van Gogh



Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

Outro exemplo para essa técnica de visualização é a representação de cada setor como um gênero de obra, assim aquele que foi mais explorado pelo artista, ou que mais aparece no conjunto de obras estudado, se destaca dos demais no gráfico. No exemplo da Figura 6.6, pode-se perceber que o gênero que mais se destacou foi o de Auto-Retratos, representado em vermelho.

Figura 6.6: Distribuição das Categorias das Obras de Van Gogh



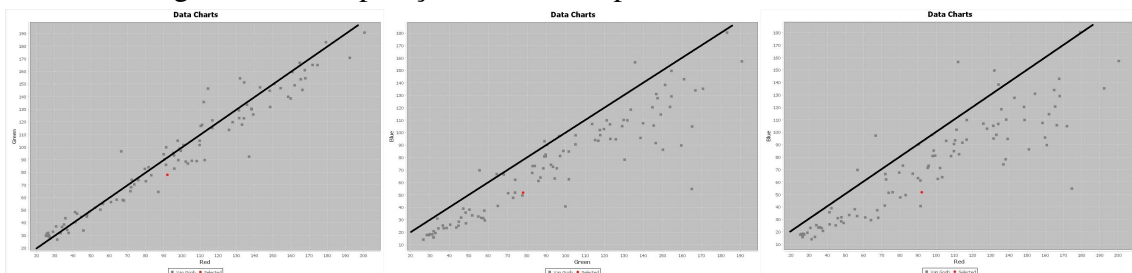
Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

### 6.2.4 Gráfico de Dispersão

Ao utilizar essa técnica de visualização no sistema, pode-se perceber como a mesma auxilia na procura por correlações entre os atributos de uma obra, assim como a realizar uma comparação direta dos valores de um atributo em relação aos de outro dentro do conjunto de obras estudado.

A Figura 6.7 apresenta comparações entre os canais do sistema RGB, à esquerda está representada RxG, no meio GxB e à direita RxB. Nelas foram traçadas retas formadas pelos pontos onde os canais representados em X e Y possuem os mesmos valores. Como pode-se ver, em todas as comparações a distribuição das imagens varia na mesma direção que a reta. Isso pode significar uma consistência nas cores utilizadas pelo artista ao criar suas obras, visto que quando um canal de cor varia, os outros quase sempre variam nas mesmas proporções.

Figura 6.7: Comparações das Obras pelos Canais no Sistema RGB



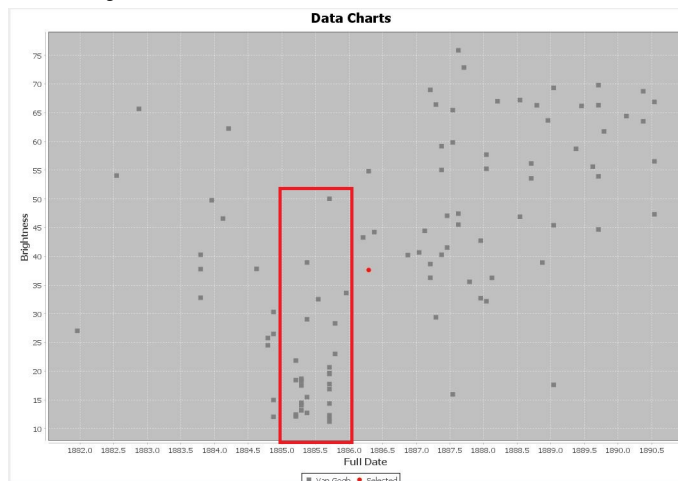
Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

Em valores absolutos, os canais R e G possuem valores praticamente iguais para as obras do conjunto, pois quase todos pontos estão muito próximos a reta traçada na comparação dentre eles, enquanto que o canal B possui valores menores que ambos, visto que os pontos que representam as imagens estão abaixo das retas traçadas na comparação com os outros dois canais R e G. Ou seja, as obras possuem valores menores que ambos para o canal B naquele ponto. Isso pode significar que o artista usava mais cores resultantes da combinação dos dois primeiro do que das combinações deles com o terceiro, já que possui valores médios menores que os outros em quase todas as obras.

Ao utilizar o eixo X, dessa técnica de visualização, como uma indicação de um período definido de tempo, pode-se analisar a variação das características de um conjunto de obras pertencentes aquele período. A Figura 6.8 apresenta a distribuição de brilho das obras de Van Gogh, pertencentes ao conjunto de dados de entrada, ao longo de sua carreira. A partir da mesma é possível perceber que durante o ano de 1885 (destacado), Van Gogh pintou obras com menos luminosidade do que em outras épocas. Um historiador

que conheça a história do artista pode usar essa informação para tentar inferir o porque desse comportamento.

Figura 6.8: Variação de Brilho das Obras Durante um Período de Tempo

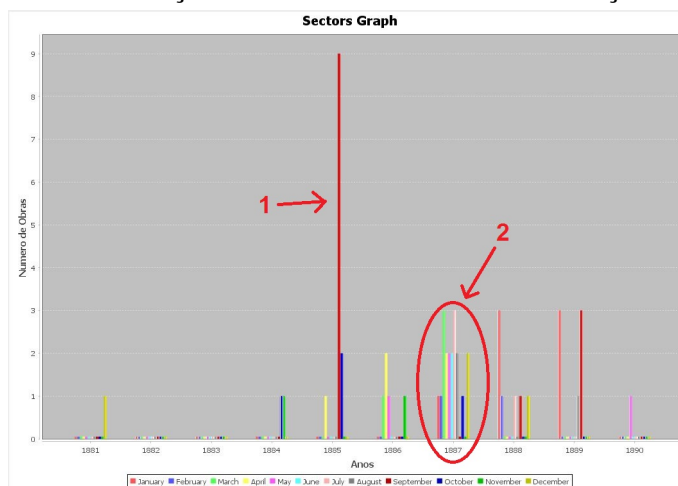


Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

## 6.2.5 Gráfico de Barras

Essa funcionalidade permite realizar a análise das épocas que o artista criou suas obras. No gráfico criado, cada barra representa um mês no *cluster* referente a um ano, e possuem altura referente ao número de obras criadas naquele respectivo mês/ano. A partir do gráfico gerado na Figura 6.9 é possível verificar que setembro de 1885 (1) foi o mês que o artista mais produziu, enquanto que 1887 (2) foi o ano de maior produção ao somar todos os meses.

Figura 6.9: Distribuição das Obras Produzidas em Função do Tempo

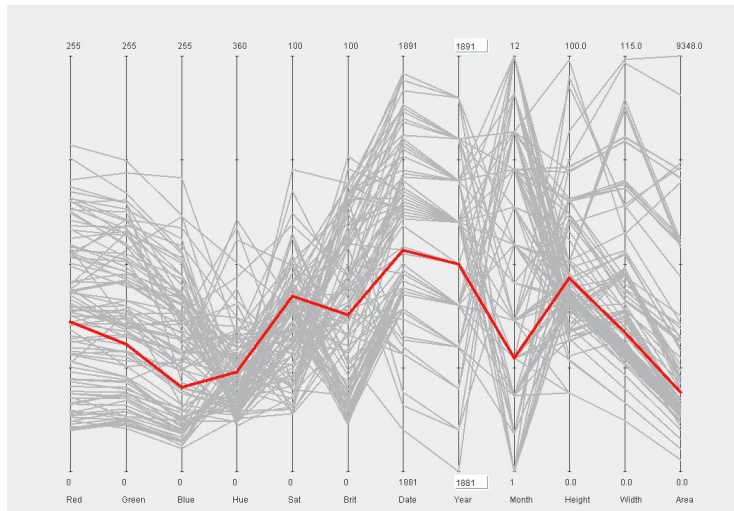


Fonte: Imagem resultante do sistema desenvolvido

### 6.2.6 Gráfico de Coordenadas Paralelas

Essa técnica de visualização possibilita uma análise de todos atributos da obra selecionada, assim como o comportamento do grupo estudado. Com a obra selecionada destacada das demais é possível visualizar o seu comportamento em relação as outras, como pode ser visto na Figura 6.10.

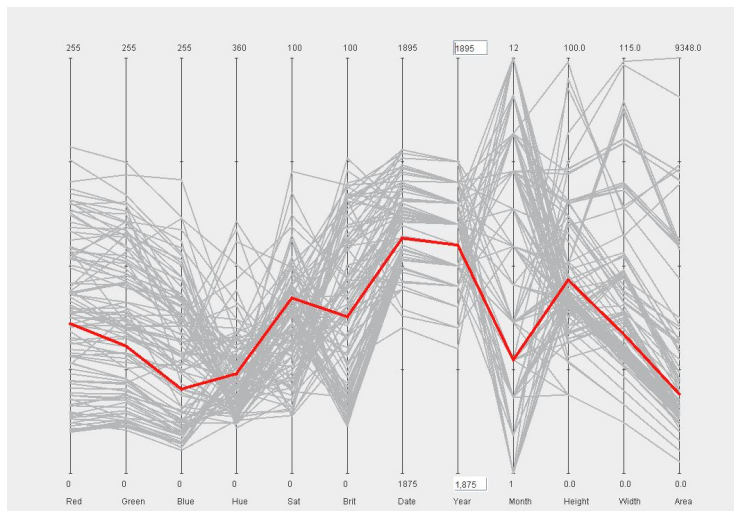
Figura 6.10: Destaque de Obra no Gráfico de Coordenadas Paralelas



Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido

Outra funcionalidade dessa visualização é poder escolher os valores que limitam as colunas de datas, de forma que se possa analisar um período definido de tempo. Por exemplo, na Figura 6.11 os valores limites são alterados para 1875 e 1895, assim podendo-se visualizar o período, dentre essas duas décadas, que o autor pintou suas obras.

Figura 6.11: Destaque de Obra no Gráfico de Coordenadas Paralelas Com Data Modificada



Fonte: Imagens resultantes do sistema desenvolvido



### 6.3 Avaliação de Usabilidade - Formulário SUS

Nessa seção é apresentado o Formulário SUS, o qual foi utilizado para questionar usuários sobre a usabilidade do sistema desenvolvido. Ainda nessa seção, são apresentados os resultados de sua aplicação e uma análise dos mesmos.

#### 6.3.1 Definição

Desenvolvido por John Brooke (BROOKE et al., 1996), o *System Usability Scale* (SUS) é um formulário que permite que se meça, de forma simples, a usabilidade da ferramenta testada. Ele consiste de 10 questões de múltipla escolha sobre a usabilidade do sistema, cada uma com 5 possíveis respostas: Discordo Totalmente (1), Discordo (2), Neutro (3), Concordo (4) e Concordo Totalmente (5). Ela permite que vários tipos de ferramentas sejam avaliados igualmente, incluindo *softwares*, celulares, páginas Web, entre outros.

Para calcular um resultado mais compreensível da avaliação da ferramenta, são executados os seguintes passos:

- Para cada questão ímpar do questionário, subtrai-se 1 do valor da resposta.
- Para cada questão par do questionário, subtrai-se o valor da resposta de 5.
- Para cada questão calcula-se a média dos valores obtidos nos passos anteriores.
- As médias de todas as questões são somadas.
- Multiplica-se o resultado do passo anterior por 2,5.

Com isso os resultados dos testes dos sistemas variam entre 0-100. Segundo Jeff Sauro (SAURO, 2011), um resultado acima de 68 é considerado acima da média e a aplicação é amigável na percepção dos usuários. Já resultados abaixo desse valor representam que a ferramenta ainda precisa de mais tempo em desenvolvimento ou até mesmo de uma refatoração completa.

#### 6.3.2 Participantes

Alunos do curso de Ciência da Computação, Engenharia da Computação, dentre outros, foram convidados a avaliar a aplicação. Vinte pessoas, dentre elas dezessete estu-

dantes, dois bacharéis e um doutor se voluntariaram para realizar os testes. O grupo era composto por 14 homens e 6 mulheres, com idade média de 21 anos. Apenas um dentre os usuários afirmou não ter experiência anterior com sistemas interativos.

### **6.3.3 Procedimentos**

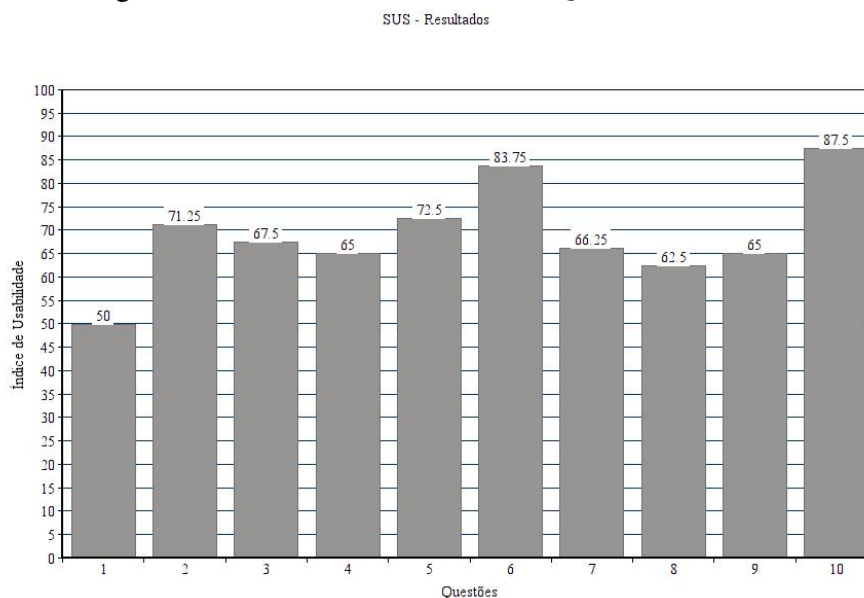
Inicialmente a ferramenta foi apresentada para cada voluntário individualmente, no mesmo computador em que foi desenvolvida. A seguir, foram convidados a preencher o questionário de perfil de usuário para coleta de suas informações pessoais. Após foi dado 10 minutos ao usuário para interação não-auxiliada com o sistema. Em seguida, foram convidados a responder o questionário de avaliação da usabilidade da interface, assim encerrando o teste.

### **6.3.4 Resultados**

Para uma melhor compreensão dos resultados, as médias de cada questão foram calculadas e escalonadas para valores entre 0-100 (maiores valores significam resultados melhores). Os resultados de cada uma das questões foram os seguintes (Figura 6.12):

1. Frequência de uso do sistema = 50,00
2. Complexidade do sistema = 71,25
3. Facilidade de uso = 67,50
4. Assistência para usar o sistema = 65,00
5. Funções integradas do sistema = 72,50
6. Inconsistência no sistema = 83,75
7. Rápida aprendizagem = 66,25
8. Sistema incomodo e complicado = 62,50
9. Confiança ao usar o sistema = 65,00
10. Necessidade de novos conhecimentos para utilizar o sistema = 87,50

Figura 6.12: Resultados Parciais do Questionário SUS



Fonte: Autor

Com esses dados pode-se visualizar quais características da interface da ferramenta agradam aos usuários e quais ainda necessitam ser melhoradas. Considerando valores abaixo de 68 como pontos a serem revisados (SAURO, 2011), percebe-se que alguns pontos do sistema necessitam de poucas modificações, como os itens 3, 4, 7 e 9. Já os itens 6 e 10 atingiram valores muito superiores a essa média.

O valor mais baixo apresentado nos resultados parciais foi do item 1, com valor 50. Isso pode significar que, devido a ferramenta ser específica para utilização na área de Artes Visuais, os usuários que realizaram os testes e não são dessa área, não se interessariam tanto em reutilizá-la.

O índice de usabilidade do sistema como um todo foi de 69.125, o que indica que o sistema possui uma interface amigável na percepção do usuário, mas ainda pode melhorar em alguns pontos, principalmente os pontos parciais com valores abaixo da média.

### 6.3.5 Melhorias Propostas pelos Usuários

Essa subseção apresenta algumas melhorias propostas pelos usuários que fizeram parte dos testes de usabilidade da ferramenta. Essas são:

- Selecionar imagem em destaque através dos pontos dos gráficos;
- Expandir imagem em destaque para sua melhor visualização;

- Navegar pelas imagens através do teclado;
- Melhor distribuição dos filtros implementados;
- Melhor explicação de cada funcionalidade;
- Nomear abas das técnicas de visualização;

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho foi apresentado um sistema para visualização exploratória de um conjunto de obras de um artista. Esse sistema permite, por exemplo, a análise da carreira de artistas através de suas obras. Para alguns artistas o alto volume de produção dificulta uma análise do conjunto das obras. O sistema desenvolvido facilita a compreensão de um grande volume de dados.

Para gerar os dados de entrada foi preciso extrair as informações das obras e armazená-las em um arquivo de entrada para a ferramenta. Para obter algumas dessas informações foi necessário o processamento da representação digital da obra (imagem digital), por exemplo os valores médios dos canais de cores o sistema RGB. E finalmente para auxiliar no estudo dos dados das obras, foram implementadas uma série de técnicas de visualização, como a indicação do tamanho relativo da obra a uma pessoa, gráficos de setores, lista de miniaturas das obras, entre outras.

Com a análise dos resultados provenientes da execução da ferramenta com pinturas do artista Vincent Van Gogh, foi possível verificar que a ferramenta desenvolvida nesse trabalho proporciona uma maneira mais amigável ao usuário de interagir com as informações das obras, e também que, através das técnicas de visualização implementadas, consegue-se perceber de forma mais clara as possíveis relações entre os dados, assim como suas características. Como, por exemplo, as cores e tonalidades mais usadas pelo artista, suas tendências em certos períodos de sua carreira, as dimensões médias de suas obras, o período em que produziu mais obras, entre outros.

A aplicação proporciona formas de interação e análise dos dados desde sua escolha na lista de obras carregadas do arquivo de entrada até a mais simples técnica de visualização, como o tamanho relativo da obra, que é apenas uma comparação entre o tamanho da obra com uma pessoa de 1,70m de altura.

Ainda existem otimizações possíveis das capacidades da ferramenta, como por exemplo, a mudança da linguagem usada para *Javascript*, proporcionando que a ferramenta seja disponibilizada online e assim podendo usar a biblioteca *D3* (BOSTOCK, 2011), que proporciona várias formas de interação com a aplicação e formas diferentes de visualização.

Outro possível aperfeiçoamento da ferramenta seria selecionar alguns descritores de forma a calcular mais informações quantitativas sobre as imagens das obras. Dessa forma poderia-se realizar novos tipos de análise sobre a carreira do artista, como seus

padrões de traço ao pintar suas obras. Ou ainda realizar uma parceria com ambientes de informações de obras de arte como a ferramenta *Google Arts & Culture* (GOOGLE, 2016a), que disponibiliza coleções de obras de arte do mundo inteiro, para utilização do sistema em suas *webpages*.

Poderia-se também completar o conjunto das obras de Van Gogh utilizado como entrada no sistema, ou ainda estender a ferramenta para suportar mais de um artista afim de realizar comparações dentre as características de suas obras e carreiras, visto que a informação do autor da obra já é fornecida à aplicação, mas não utilizada pela mesma.

## REFERÊNCIAS

- BOSTOCK, M. **D3js Website**. 2011. Available from Internet: <<https://d3js.org/>>.
- BROOKE, J. et al. Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, London, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.
- CAI, H. et al. The cross-depiction problem: Computer vision algorithms for recognising objects in artwork and in photographs. **arXiv preprint arXiv:1505.00110**, 2015.
- CARD, S. K.; MACKINLAY, J. D.; SHNEIDERMAN, B. **Readings in information visualization: using vision to think**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 1999.
- CRIART. **Diferenças entre CMYK, RGB e PANTONE**. 2013. Available from Internet: <<http://criartteste.blogspot.com.br/p/duvidas.html/>>.
- DIMAGGIO, P. Classification in art. **American sociological review**, JSTOR, p. 440–455, 1987.
- D’OCAGNE, M. **Coordonnées parallèles & axiales: méthode de transformation géométrique et procédé nouveau de calcul graphique déduits de la considération des coordonnées parallèles**. [S.l.]: Gauthier-Villars, 1885.
- FEW, S. Show me the numbers. **Analytics Pres**, 2004.
- FEW, S. **Show me the numbers: Designing tables and graphs to enlighten**. [S.l.]: Analytics Press, 2012.
- FEW, S. **Information Dashboard Design: Displaying data for at-a-glance monitoring**. [S.l.]: Analytics Press Burlingame, CA, 2013.
- FRIENDLY, M. A brief history of data visualization. In: **Handbook of data visualization**. [S.l.]: Springer, 2008. p. 15–56.
- FRY, B. **Processing Website**. 2001. Available from Internet: <<https://processing.org/>>.
- GOOGLE. **Google Arts & Culture**. 2016. Available from Internet: <<https://www.google.com/culturalinstitute/beta/>>.
- GOOGLE. **Google Maps APIs**. 2016. Available from Internet: <<https://developers.google.com/maps/documentation/static-maps/>>.
- GREVET, C.; MANKOFF, J.; ANDERSON, S. D. Design and evaluation of a social visualization aimed at encouraging sustainable behavior. In: IEEE. **System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference on**. [S.l.], 2010. p. 1–8.
- ING. **The Next Rembrandt**. 2016. Available from Internet: <<https://www.nextrembrandt.com/>>.
- INSELBERG, A. The plane with parallel coordinates. **The Visual Computer**, v. 1, n. 2, p. 69–91, 1985. ISSN 1432-2315.
- JETBRAINS. **IntelliJ Website**. 2000. Available from Internet: <<https://www.jetbrains.com/idea/>>.

JOHNSON, C. R. et al. Image processing for artist identification. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 25, n. 4, p. 37–48, July 2008. ISSN 1053-5888.

LAYNE, S. S. Artists, art historians, and visual art information. **The Reference Librarian**, Taylor & Francis, v. 22, n. 47, p. 23–36, 1994.

LI, J. et al. Rhythmic brushstrokes distinguish van gogh from his contemporaries: findings via automated brushstroke extraction. **IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence**, IEEE, v. 34, n. 6, p. 1159–1176, 2012.

LIMITED, O. R. **JFreeChart Website**. 2010. Available from Internet: <<http://www.jfree.org/jfreechart/>>.

MARTINS, M. E. G. **Diagrama ou gráfico de dispersão**. 2012. Available from Internet: <[http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Diagrama\\_ou\\_gr%C3%A1fico\\_de\\_dispers%C3%A3o](http://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Diagrama_ou_gr%C3%A1fico_de_dispers%C3%A3o)>.

MATHSISFUN. **Bar Graphs**. 2015. Available from Internet: <<https://www.mathsisfun.com/data/bar-graphs.html>>.

NOCKE, T.; SCHUMANN, H.; BÖHM, U. Methods for the visualization of clustered climate data. **Computational Statistics**, v. 19, n. 1, p. 75–94, 2004. ISSN 1613-9658. Available from Internet: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02915277>>.

PELTIER, T. S. **Interactive Parallel Coordinates Chart**. 2014. Available from Internet: <<http://peltiertech.com/Excel/Charts/ParallelCoord.html>>.

PINGALI, G. et al. Visualization of sports using motion trajectories: providing insights into performance, style, and strategy. In: IEEE COMPUTER SOCIETY. **Proceedings of the conference on Visualization'01**. [S.l.], 2001. p. 75–82.

ROSENFELD, A. Picture processing by computer. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 1, n. 3, p. 147–176, 1969.

SALEH, B. et al. Toward automated discovery of artistic influence. **Multimedia Tools and Applications**, Springer, v. 75, n. 7, p. 3565–3591, 2016.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em piracicaba, sp (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, SciELO Brasil, v. 23, n. 3, p. 341–346, 2008.

SAURO, J. **A practical guide to the system usability scale: Background, benchmarks & best practices**. [S.l.]: Measuring Usability LLC, 2011.

SCRIPTTUTORIALS. **What is a color model?** 2014. Available from Internet: <<https://www.script-tutorials.com/what-is-a-color-model/>>.

SHAMIR, L.; TARAKHOVSKY, J. A. Computer analysis of art. **Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)**, ACM, v. 5, n. 2, p. 7, 2012.

SMEULDERS, A. W. M. et al. Content-based image retrieval at the end of the early years. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 22, n. 12, p. 1349–1380, Dec 2000. ISSN 0162-8828.



SOEGAARD, M.; DAM, R. F. **Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. [S.l.]: Interaction Design Foundation, 2013.

SPRATT, E. L.; ELGAMMAL, A. Computational beauty: Aesthetic judgment at the intersection of art and science. In: SPRINGER. **Workshop at the European Conference on Computer Vision**. [S.l.], 2014. p. 35–53.

STORK, D. G. Computer vision and computer graphics analysis of paintings and drawings: An introduction to the literature. In: SPRINGER. **International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns**. [S.l.], 2009. p. 9–24.

TEKUSOVA, T.; SCHRECK, T. Visualizing time-dependent data in multivariate hierarchic plots-design and evaluation of an economic application. In: IEEE. **2008 12th International Conference Information Visualisation**. [S.l.], 2008. p. 143–150.

TODD-POKROPEK, A. Image processing in nuclear medicine. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 27, n. 3, p. 1080–1094, June 1980. ISSN 0018-9499.

TUFTE, E. R.; GRAVES-MORRIS, P. **The visual display of quantitative information**. [S.l.]: Graphics press Cheshire, CT, 1983.

VANGOGHMUSEUM. **Van Gogh Museum**. 2016. Available from Internet: <<https://www.vangoghmuseum.nl/en/search/collection?artist=Vincent%20van%20Gogh>>.

VARGAS, M. **Gráfico de setores**. 2016. Available from Internet: <<http://www.profmarcovargas.com.br/2012/08/grafico-de-setores.html>>.

WIKIPEDIA. **Portraits of Vincent van Gogh**. 2016. Available from Internet: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Portraits\\_of\\_Vincent\\_van\\_Gogh](https://en.wikipedia.org/wiki/Portraits_of_Vincent_van_Gogh)>.