

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UniEVANGÉLICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**ISABELLA RIBEIRO CANEDO
LARYSSA BITENCOURT CARDOSO**

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ANÁLISE E MANIPULAÇÃO DE
IMAGENS DE SATÉLITE: MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS DE KOHONEN**

**ANÁPOLIS
2020**

**ISABELLA RIBEIRO CANEDO
LARYSSA BITENCOURT CARDOSO**

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ANÁLISE E MANIPULAÇÃO DE
IMAGENS DE SATÉLITE: MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS DE KOHONEN**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para a conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA.

Orientador(a): Prof. Prof. William Pereira dos Santos

Co-orientador(a): Prof. Natasha Sophie Pereira.

ANÁPOLIS
2020

**ISABELLA RIBEIRO CANEDO
LARYSSA BITENCOURT CARDOSO**

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ANÁLISE E MANIPULAÇÃO DE
IMAGENS DE SATÉLITE: MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS DE KOHONEN**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
como requisito parcial para a obtenção de grau do
curso de Bacharelado em Engenharia de
Computação do Centro Universitário de Anápolis
– UniEVANGÉLICA.

Aprovado(a) pela banca examinadora em [dia] de [mês] de 2020, composta por:

Prof. William Pereira dos Santos Junior
Orientador

Prof. Ma. Natasha Sophie Pereira
Co-Orientador

Prof.

Prof.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram no decorrer deste curso, direta ou indiretamente, em especial a professora e orientadora Natasha Sophie Pereira e ao professor e orientador William Pereira dos Santos Junior, que tanto me ajudou na elaboração deste projeto, aos demais professores, a quem eu devo todo o vasto conhecimento adquirido durante o curso, e ao meu marido Alexandre Alves da Silva, que sempre me apoiou e me deu toda a tranquilidade durante a elaboração deste trabalho.

Também a toda minha família, á minha mãe Letícia Cunha, que foi quem mais me incentivou e apoiou na escolha do meu curso, aos meus avós que sempre me ajudou em tudo que eu precisei durante toda esta trajetória, sem os quais eu não conseguiria ter chegado até aqui, a minha irmã que é a base de tudo na minha vida.

A todas essas pessoas tenho a honra de entregar este trabalho que marca a conclusão com êxito de mais uma fase em minha vida. -Isabella Ribeiro Canedo

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, a minha mãe Elnice e a minha irmã Emilly e ao meu namorado Diogo que com muito carinho e apoio , não mediram esforços para que eu chegasse a essa etapa da minha vida. -Laryssa Bitencourt Cardoso

RESUMO

Este trabalho consiste em um levantamento do estado da arte sobre o uso do Geoprocessamento e uma exemplificação do uso da tecnologia para o Geoprocessamento, técnicas computacionais para o Processamento digital de imagens, incluindo Inteligência Artificial, Classificação de imagens e Reconhecimento de padrões. Em um primeiro momento, foi realizado o levantamento bibliográfico através da pesquisa científica de artigos em periódicos indexados em base de dados conhecidas internacionalmente e relevantes sobre o tema. Na segunda fase dessa pesquisa, foram coletadas imagens de satélites e realizado a classificação de uso do solo, a fim de exemplificar o uso da tecnologia para o geoprocessamento. Como resultado obteve técnicas utilizada em Geoprocessamento e imagens de satélite desde o seu surgimento, além de demonstrar e classificar as mudanças temporais da rede de KOHONEN utilizando imagens de satélite.

Palavras-chaves: Geoprocessamento. Processamento Digital de Imagens. Sensoriamento Remoto. Inteligência Artificial. Imagens de Satélite.

ABSTRACT

This work consists of a state-of-the-art survey on the use of Geoprocessing and an example of the use of technology for Geoprocessing, computational techniques for Digital Image Processing, including Artificial Intelligence, Image Classification and Pattern Recognition. In a first step, the bibliographic survey was carried out through the scientific research of articles in journals indexed in internationally known and relevant databases on the subject. In the second phase of this research, satellite images were collected and land use classification was carried out in order to exemplify the use of the technology for geoprocessing. As a result, it obtained techniques used in Geoprocessing and satellite images since its inception, in addition to demonstrating and classifying the temporal changes of the KOHONEN network using satellite images.

Keywords: Geoprocessing. Digital Image Processing. Remote Sensing. Artificial Intelligence. Satellite Images.

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Características das Bandas TM do satélite Landsat-8..... | 19 |
| Tabela 2 - Resolução Espacial e Espectral do TM-Landsat-8..... | 21 |
| Tabela 3 – Método de busca das técnicas computacionais | 31 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Nuvem de Ponto no Levantamento Convencional | 15 |
| Figura 2. Segmento do Sistema de Posicionamento Global (GPS) | 16 |
| Figura 3. Planos orbitais dos satélites da constelação GPS..... | 17 |
| Figura 4. Estações de Controle e Monitoramento GPS..... | 18 |
| Figura 5. Obtenção de imagens por sensoriamento remoto..... | 22 |
| Figura 6. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica..... | 23 |
| Figura 7. Processo de Formação das Cores..... | 26 |
| Figura 8. Composição colorida das imagens de satélite nos tempos de 1984 e 1986 | 34 |
| Figura 9. Geração do Mapa de Características utilizando SOM de Kohonen | 34 |
| Figura 10. Sin-Classificação e Detecção de Mudanças Temporais utilizando SOM de Kohonen | 35 |
| Figura 11. Classificação das imagens | 35 |
| Figura 12. Imagens classificadas utilizando Redes Neurais de Kohonen..... | 36 |

LISTA DE ABREVIATURAS/SIGLAS

| | |
|---------------|--|
| BP | BackPropagation |
| CMYK | Sigla em inglês de Cyan, Magenta, Yellow e Black (Ciano, Magenta, Amarelo e Preto) |
| DL | Deep Learning |
| GPS | Sistema de Posicionamento Global |
| IA | Inteligência Artificial |
| IBRACAM | Instituto Brasileiro de Certificação Ambiental |
| IEEE | Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IVM | Infravermelho Médio |
| IVP | Infravermelho Próximo |
| IVT | Infravermelho Termal |
| MG | Minas Gerais |
| ML | Machine Learning |
| MLPs | Multilayer perceptron |
| PDI | Processamento Digital de Imagens |
| PI | Planos de Informação |
| PR | Paraná |
| RGB | Sigla em inglês de Red-Green-Blue (Vermelho-Verde-Azul) |
| RL | Reinforcement Learning |
| RNA | Redes Neurais Artificiais |
| RS | Rio Grande do Sul |
| SIG'S | Sistema de Informação Geográfica |
| SOM | Self Organizing Maps |
| UniEVANGÉLICA | Centro Universitário de Anápolis |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 11 |
| 1.1 Metodologia | 13 |
| 2. Fundamentação Teórica | 14 |
| 2.1 Geoprocessamento | 14 |
| 2.1.1 Topografia Convencional | 15 |
| 2.1.2 Sistema de Posicionamento Global | 16 |
| 2.1.3 Sensoriamento Remoto | 19 |
| 2.1.4 Sistema de Informações Geográficas | 23 |
| 2.2 Processamento Digital de Imagens | 24 |
| 2.3 Inteligência Artificial | 29 |
| 3. Análise/Desenvolvimento | 31 |
| 4. Considerações Finais | 39 |
| Referências Bibliográficas | 40 |

1. Introdução

De acordo com Rocha (2007), o termo Geoprocessamento significa a aplicação de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. O geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente as áreas da cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As ferramentas computacionais para o geoprocessamento, chamadas de Sistema de Informação Geográfica (SIG's), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes para criar bancos de dados georreferenciados.

Sensoriamento Remoto, segundo Novo (1992 *apud* SILVA 2007), se utiliza de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados (aeronaves, espaçonaves, etc), com o objetivo de pesquisar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações.

Sensoriamento Remoto pode ser definido como a capacidade de aquisição de informações sobre um objeto sem que haja contato físico com ele. As informações sobre o objeto, nesse caso, são derivadas a partir da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam (SILVA, 2007, p. 76)

O objetivo deste trabalho foi compilar pesquisas científicas que aplicam a tecnologia como apoio ao geoprocessamento, análise e manipulação de imagens de sensoriamento remoto. Consistiu em levantamentos bibliográficos sobre o uso da tecnologia no geoprocessamento, no processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, sobre o uso da inteligência artificial como auxílio no geoprocessamento. Foram realizadas análises nos trabalhos levantados sobre como é utilizada a tecnologia para a manipulação de dados durante os processamentos de imagens de sensores remotos possibilitando o levantamento de dados sobre o uso da tecnologia como apoio ao processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.

A tecnologia é composta por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos se constituem em poderosas ferramentas para a tomada de decisões. Tendo em vista, que a tecnologia vem servindo para diversas áreas, tais como o Meio Ambiente, o Agronegócio, a Gestão Municipal e várias outras, é importante elucidar a forma como a tecnologia vem evoluindo no decorrer do tempo no que diz respeito ao seu uso para a análise e manipulação de imagens de satélite. A partir dessa perspectiva, foi proposta a seguinte

pergunta: Como a tecnologia vem sendo utilizada como apoio ao geoprocessamento e análise de imagens de sensoriamento remoto?

Segundo Neves (2016) o Geoprocessamento é uma área que vem experimentando um rápido crescimento, decorrente dos significativos avanços tecnológicos observados ultimamente. Ele consiste nas seguintes etapas: i) armazenamento; ii) tratamento e análise de dados; e iii) o uso integrado das informações. Softwares independentes usados em mapeamentos, SIG's e processamento digital de imagens vêm se tornando cada vez mais integrados e com custos cada vez menores, permitindo o uso mais difundido da tecnologia nesta área de estudo. Esse fato tem criado um mercado mundial de produtos e serviços em franca expansão, no qual se inclui a América Latina, e envolve bilhões de dólares. No Brasil, o segmento das geotecnologias é emergente, constatando-se que grande parte das empresas que atuam nesse setor começam a conciliar técnicas tradicionais com as novas tecnologias disponíveis (NEVES, 2016).

Entre as vantagens da utilização do Sensoriamento Remoto para a obtenção de dados, pode-se destacar a capacidade de aquisição repetitiva e rápida de uma grande quantidade de informações, o recobrimento de grandes áreas, o baixo custo relativo, a alta resolução obtida a partir de diferentes tipos de sensores, a integração com os SIG's e a interação com diferentes ciências como Geografia, Geologia, Engenharia, entre outros (SILVA, 2007).

De acordo com Pereira (2014) o tratamento das informações geográficas feito através do uso de tecnologias, representa uma rápida e precisa resposta a partir das informações que são recebidas no âmbito geográfico que são cruciais no cotidiano da sociedade atual para mapear e prever problemas persistentes ao meio ambiente. Por este motivo, faz-se necessário mapear a forma como o uso de tecnologias nessa área de estudos vem evoluindo a fim de perceber suas perspectivas futuras.

Alguns pesquisadores que trazem em seus artigos análises e técnicas voltadas a imagens de satélites e geoprocessamento que podem ser observados no trabalho “Novos formatos de dados e algoritmos para suporte à imagens multi-dimensionais” (PEREIRA, 2014) que aplica a tecnologia no desenvolvimento de um *software* para análise temporal de imagens de satélites.

1.1 Metodologia

Este trabalho consistiu em um levantamento, que foi realizado em etapas, de estudos de casos já publicados, iniciando-se com uma pesquisa bibliográfica com o tema que está sendo proposto. Durante esta etapa serão levantadas informações sobre Geoprocessamento, Processamento de imagens e Inteligência Artificial. Conceitos essenciais as etapas seguintes deste projeto.

Na segunda fase do projeto, foram coletadas imagens do satélite LandSat-8, sendo o último satélite a ser disponível que permite gerar imagens de 15m coloridas por fusão digital, a fim de demonstrar o uso da tecnologia no geoprocessamento. O método de análise será a não supervisionada, redes neurais artificiais (RNA) e os mapas auto-organizáveis de características (SOFM).

Como este é um trabalho baseado no levantamento das pesquisas já publicadas que se utilizam da tecnologia como ferramenta para o Geoprocessamento, para levantamento de trabalhos relevantes sobre o tema, serão realizadas pesquisas em periódicos indexados em base de dados reconhecidas internacionalmente como: SCIELO, Web of Science, SCOPUS, IEEE, e outras que se fizerem relevantes.

Para a seleção dos trabalhos, o filtro adotado para o refinamento das buscas será apenas selecionar trabalhos que evidenciem o uso de Técnicas Computacionais para o Processamento de Imagens, incluindo Inteligência Artificial, Classificação de imagens (supervisionada ou não supervisionada) e Reconhecimento de Padrões.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Geoprocessamento

O termo Geoprocessamento pode ser literalmente definido como “processamento informatizado de dados georreferenciados”. Utiliza programas computacionais que permitem o uso de informações cartográficas (mapas, cartas topográficas, dados diversos) e informações de qualquer natureza que se possa associar a coordenadas geográficas. O geoprocessamento se beneficiou grandemente com a massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos Estados Unidos, a criação dos centros de pesquisa que formam o *National Centre for Geographical Information and Analysis* - NCGIA (1989) marca o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente (SILVA, MARIANI, GONZALEZ, 2012). Segundo Rodrigues (1993), geoprocessamento é um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico.

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, espaço urbano, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades da sociedade organizada. No entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel, o que dificultava uma análise que combinasse diversos mapas e dados (CÂMARA E DAVIS, 2003).

Pode-se citar que Fujihara (2002 *apud* SILVA, MARIANI, GONZALEZ 2012) definiu geoprocessamento como a tecnologia que aplica o tratamento e manipulação de informações espaciais, englobando técnicas de coleta e armazenamento da informação espacial; tratamento e análise da informação espacial e uso integrado de informação espacial (SIG). Segundo o mesmo autor a utilização de tecnologia de informação como ferramenta de análise espacial, tornou-se uma ferramenta em potencial através do geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas.

De acordo com Espíndola e Schalch (2004 *apud* SILVA, MARIANI, GONZALEZ 2012) o avanço contínuo da tecnologia computacional aliado à complexidade do gerenciamento de recursos naturais, vem estimulando cada vez mais a utilização de processamento e simulações computacionais, como ferramentas para auxiliar nas tomadas de decisões enfrentadas por gestores ambientais.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Certificação Ambiental (IBRACAM, 2009) o geoprocessamento, juntamente com os SIG's, são utilizados em diversos setores na sociedade, como no desenvolvimento de bases cartográficas, na avaliação de sistemas de

água, esgoto e saneamento, na análise de recursos naturais como florestas, rios e bacias hidrográficas e até nos planejamentos ambientais urbanos e rurais. O geoprocessamento possibilita uma análise completa sobre o problema, na busca de medidas de proteção ou restauração da área. Por meio do uso de *softwares*, o profissional pode registrar as áreas degradadas com extrema exatidão e reunir todas as informações necessárias para sua recuperação. Em áreas urbanas pode-se controlar atividades de infraestrutura como transportes, geração de energia e obras no geral.

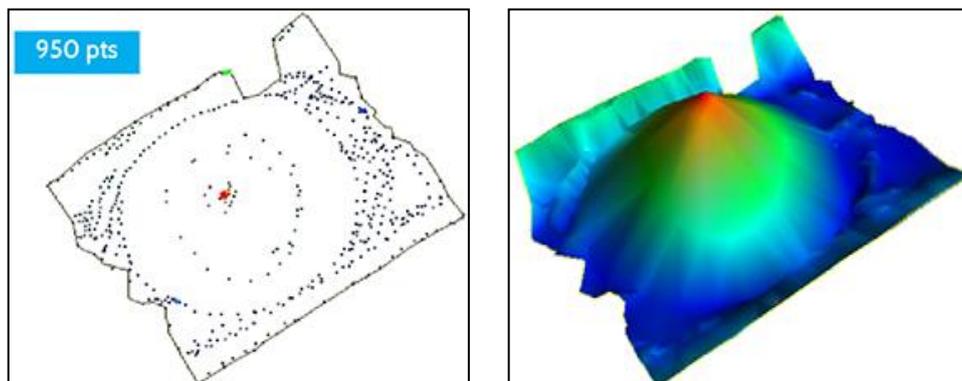
O IBRACAM (2009) citou o geoprocessamento como de extrema importância por permitir um controle atualizado de diversos empreendimentos e atividades sobre o meio ambiente. O geoprocessamento se torna cada vez mais uma ferramenta indispensável no controle dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. Por meio dele, projetos e atividades de minimização de impactos ambientais se tornam possíveis e mais fáceis de serem realizadas, proporcionando o desenvolvimento sustentável da sociedade.

Geoprocessamento é compreendido como o resultado da interação de técnicas matemáticas e computacionais com a finalidade de tratar a informação geográfica/espacial. Sendo uma das ferramentas de grande relevância pertencentes à Ciência Geográfica (CÂMARA et al., 2001). Algumas técnicas importantes para o geoprocessamento são: i) Topografia convencional; ii) Sistema de Posicionamento Global (GPS); iii) Sensoriamento Remoto; e iv) Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

2.1.1. Topografia Convencional

Segundo Loch (2000), a topografia consiste no conhecimento dos instrumentos e métodos que têm por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da sua esfericidade. Nestas condições, pode-se, sempre, figurar em um plano a imagem da região considerada, o que equivale a projetar sobre este plano, que se supõe horizontal, não só os limites da superfície a ser representada, assim como, todas as particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno. Pode-se notar na Figura 1 como é verificado uma topografia convencional.

Figura 1. Nuvem de Ponto no Levantamento Convencional. Na imagem (a) é apresentada a nuvem de pontos e na imagem (b) o modelo tridimensional da mesma imagem.



Fonte: ERGBH, 2020

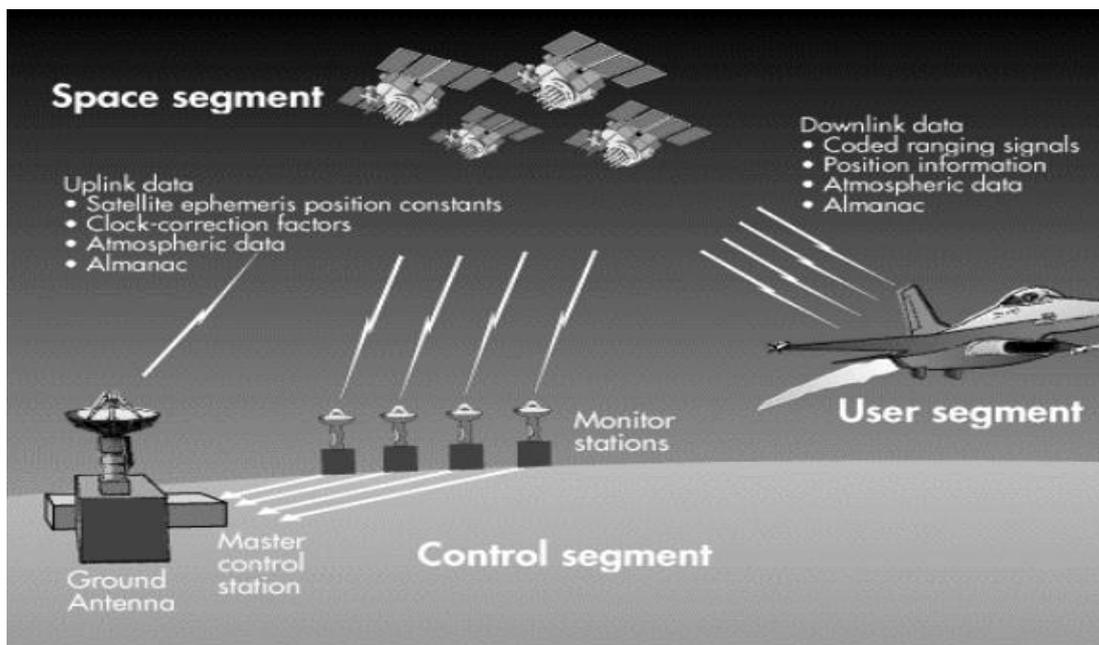
De acordo com Vettorazzi (1996) as técnicas de topografia convencionai continuam tendo um importante papel no levantamento de informações georreferenciadas. Embora este levantamento pode ser realizado com instrumentos simples, para a obtenção de dados mais exatos ou com maior rendimento de trabalho, são empregados equipamentos como teodolitos eletrônicos, distanciômetros eletrônicos e estações totais.

2.1.2. Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) , como um todo, é composto por três segmentos: o segmento espacial, composto por satélites artificiais da Terra que emitem sinais eletromagnéticos; o segmento de controle, composto pelas estações terrestres que mantêm os satélites em funcionamento; e o segmento dos usuários, composto pelos receptores, que captam os sinais enviados pelos satélites e, com eles, calculam sua posição (CUGNASCA, FERREIRA, PAZ, 1998).

Segundo Bernardi e Landim (2002), o GPS consiste em três segmentos principais: espacial, controle e de usuário. Estes três segmentos são notados na Figura 2.

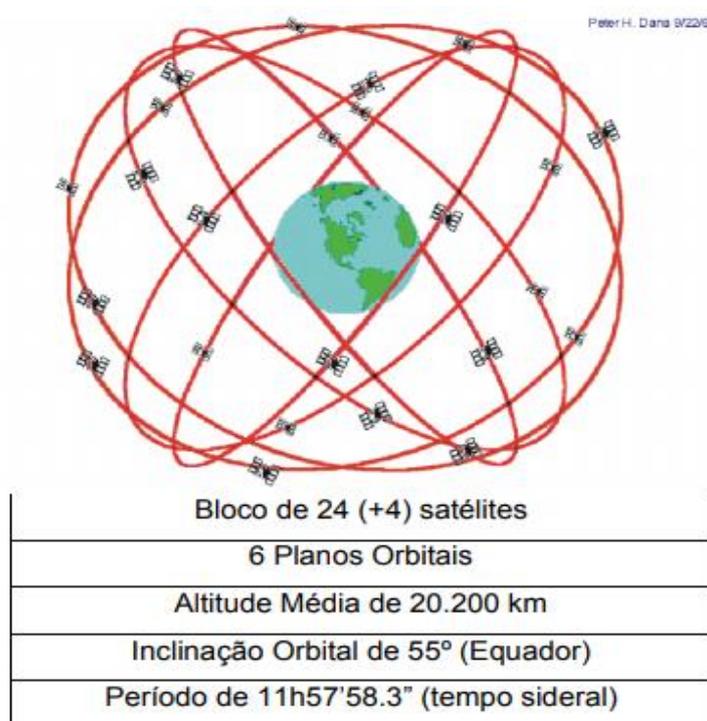
Figura 2. Segmentos do Sistema de Posicionamento Global (GPS).



Fonte: Dana, P.H 1996

- **Segmento Espacial:** o segmento espacial do sistema GPS orbita ao redor da Terra em seis órbitas distintas, a uma altitude de 20.200 Km, distribuídos em seis planos orbitais com uma inclinação de 55° em relação ao equador, e com um período de revolução de 12 horas siderais. Isso vem acarretar uma repetição na configuração dos satélites com uma repetição de quatro minutos mais cedo diariamente em um mesmo local (Figura 3) (CUGNASCA, PAZ, 1997).

Figura 3. Planos orbitais dos satélites da constelação GPS



Fonte: Dana, P.H 1996

- Segmento de Controle:** Este segmento tem como principais tarefas monitorar e controlar continuamente o sistema de satélites, determinar o tempo GPS, calcular as correções dos relógios dos satélites, prever as efemérides dos satélites e atualizar periodicamente as mensagens de navegação de cada satélite. Esse sistema é composto por cinco estações de monitoramento mundial que estão localizadas nos seguintes locais: Hawaii (EUA), Atol Kwajalein (Oceano Pacífico Norte), Ilha de Ascension (Oceano Atlântico Sul), Ilha de Diego Garcia (Oceano Índico Sul) e Colorado Springs (EUA); três delas com antenas para transmitir os dados para os satélites (Ilha Ascension, Ilha de Diego Garcia e Atol de Kwajalein); e uma estação de controle central (*Master Control Station*) localizada em Colorado Springs (BERNARDI, LANDIM, 2002), conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4. Estações de Controle e Monitoramento GPS



Fonte: Monico, 2014

- **Controle de Usuários:** pode ser dividida em civil e militar, sendo que para o uso civil existe restrição quanto à precisão. Os militares americanos fazem uso dos receptores GPS para estimar suas posições e deslocamentos quando realizam manobras de combate e de treinamento. Como exemplos podem ser citados a Guerra do Golfo (1990-1991) e a Guerra do Afeganistão (2001-2014), onde os receptores GPS foram usados para o deslocamento de tropas e também na navegação de mísseis até o alvo inimigo (CUGNASCA, PAZ, 1997).

2.1.3. Sensoriamento Remoto

De acordo com Rudorff (2000) sensoriamento remoto é um termo utilizado na área das ciências aplicadas que se refere à obtenção de imagens a distância, sobre a superfície terrestre. Estas imagens são adquiridas através de aparelhos denominados sensores remotos. Por sua vez estes sensores ou câmeras são colocadas a bordo de aeronaves ou de satélites de sensoriamento remoto – também chamados de satélites de observação da Terra. Um sensor a bordo do satélite gera um produto de sensoriamento remoto denominado de imagem ao passo que uma câmera aero fotográfica, a bordo de uma aeronave, gera um produto de sensoriamento remoto denominado de fotografia aérea.

Sensoriamento Remoto é uma tecnologia pela qual é possível a aquisição de imagens da superfície terrestre pela captação da energia refletida, ou emitida, por seus objetos. A energia solar incide sobre a superfície da terra e é captada por sensores eletrônicos acoplados

em satélites artificiais, onde é convertida em sinais elétricos, que são registrados e transmitidos para estações de recepção na terra, onde são transformados em dados na forma de Gráficos, Tabelas ou imagens (FLORENZANO, 2011). Segundo Florenzano (2011) existem sensores que captam energia referente à diferentes regiões do espectro eletromagnético, e alguns deles podem captar até mesmo dados de mais de uma região, estes são chamados sensores multiespectrais.

O olho humano, que é um sensor natural, enxerga apenas ondas refletidas na faixa do visível, porém, os sensores artificiais permitem a captação de ondas além dessa faixa, que são invisíveis aos olhos humanos (FLORENZANO, 2002).

De acordo com Santos (2015), Orbita/Ponto é o método mais tradicional para pesquisa por imagens. É a pesquisa que são as passagens do satélite no território Nacional.

Cada sensor pode ser especificado por um conjunto de quatro resoluções que definem o tipo de imagem que ele é capaz de captar. Resolução Espacial é a capacidade do sensor de discriminar objetos em função de seus respectivos tamanhos, sendo assim, cada pixel na imagem, corresponde à um quadrante na terra. Resolução Espectral é a capacidade do sensor de discriminar objetos de acordo com sua sensibilidade espectral, por isso, quanto mais faixas espectrais um sensor é capaz de captar, maior sua resolução espectral. Resolução Radiométrica é a capacidade do sensor discriminar a intensidade da energia refletida/emitida por cada objeto, esta resolução define a quantidade de valores de cinza que o sensor utiliza para representar uma imagem. Resolução Temporal é aquela que determina a frequência de imageamento sobre uma mesma área, ou seja, de quanto em quanto tempo o sensor obtém imagens de uma mesma área na terra (FLORENZANO, 2011). Para melhor visualização, das características do sensor TM – Landsat-8 são apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Características das Bandas TM do satélite Landsat-8.

| Bandas | Principais características e aplicações das bandas |
|---------------|---|
| 1 | Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera. |

| | |
|---|---|
| 2 | Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água. |
| 3 | A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas. |
| 4 | Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas. |
| 5 | Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite. |
| 6 | Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água. |
| 7 | Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar |

| | |
|--|--|
| | minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal. |
|--|--|

Fonte: Adaptado de INPE, 2013.

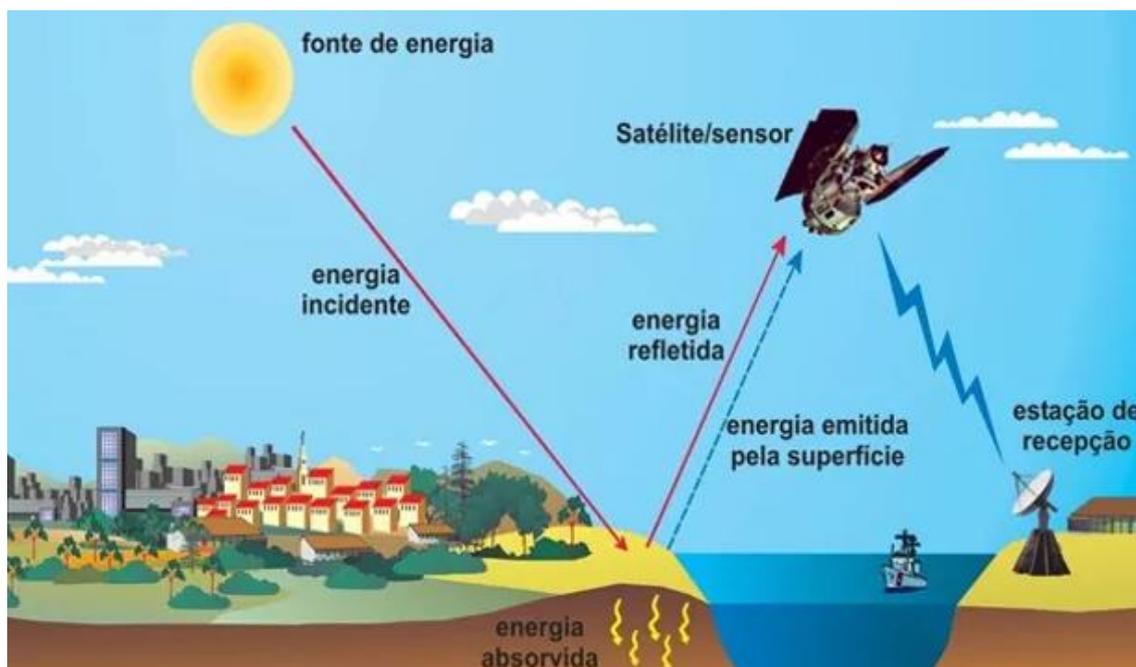
Tabela 2 – Resolução Espacial e Espectral do TM-Landsat-8

| Resolução Espectral | | |
|----------------------------|---|---------------------------|
| Canais/Bandas | Faixa espectral | Resolução Espacial |
| 1 | 0.43 – 0.45 μm (azul costeiro) | 30m |
| 2 | 0.45 – 0.51 μm (azul) | 30m |
| 3 | 0.53 – 0.59 μm (verde) | 30m |
| 4 | 0.64 – 0.67 (vermelho) | 30m |
| 5 | 0.85 – 0.88 μm (IVP) | 30m |
| 6 | 1.57 – 1.65 μm (IVM) | 30m |
| 7 | 2.11 – 2.29 μm (IVT) | 30m |

Fonte: EngeSat, 2020.

Os satélites para sensoriamento remoto, lançados em órbita a partir dos anos 1970 (SAUSEN, 2012), proveem imagens digitais da superfície terrestre. Segundo Gonzales e Woods (2010) “uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem, e correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto.”. Os autores ainda afirmam que métodos de processamento de imagens digitais são aplicados principalmente em duas áreas, a “melhora das informações visuais para a interpretação humana” e o processamento de dados de imagens visando a percepção automática através de máquinas. O termo remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita a distância, ou seja, sem contato com a superfície terrestre, como ilustrado na figura 5.

Figura 5. Obtenção de imagens por sensoriamento remoto.



Fonte: Adaptado de FLORENZANO, 2002, p. 9

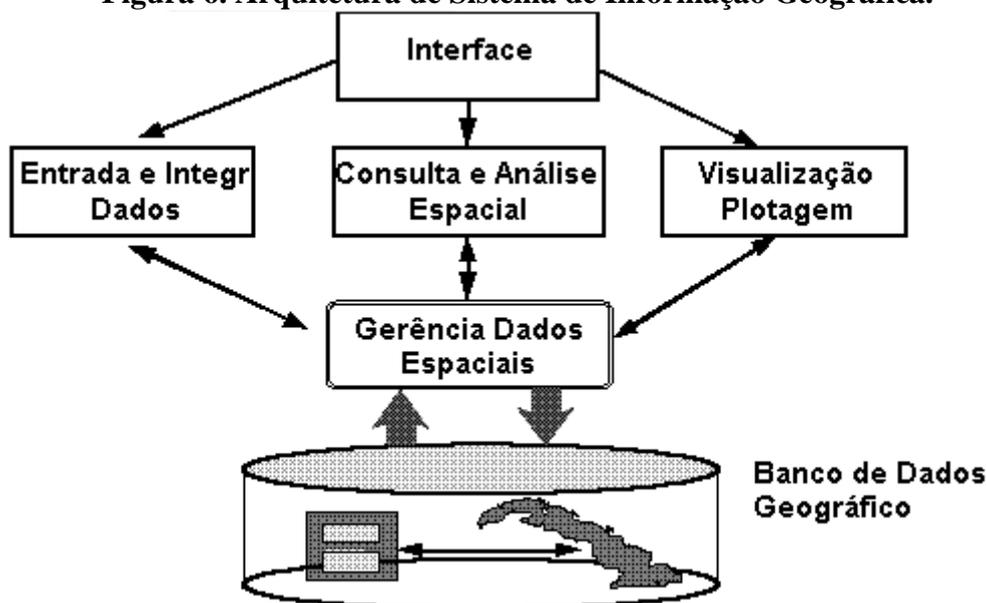
2.1.4. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Um Sistema de Informações Geográficas (SIG), diferencia-se de um sistema automatizado de cartografia acoplado a um banco de dados, justamente pela capacidade de manipulação e principalmente análise dos dados, e é essa característica que o torna de grande utilidade no monitoramento ambiental. Com o aumento crescente do emprego de técnicas geradoras de dados georreferenciados e a consolidação da idéia de banco de dados corporativo, os SIGs tornam-se a opção natural para o tratamento desses dados. Outro fator positivo à adoção dos SIGs é a diminuição sensível e constante nos seus custos de implantação e manutenção (VETTORAZZI, 1996).

De acordo com os manuais do SPRING, Sistemas de Informações Geográficas são sistemas que processam dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies. Integrando numa única base de dados as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e modelos numéricos de terrenos. Oferece mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar e analisar o conteúdo da base de dados e gerar mapas. As aplicações de SIG são: i) ferramenta para produção de mapas; ii) suporte para análise espacial de

fenômenos; e iii) banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. Na Figura 6 pode-se verificar a arquitetura dos SIG's.

Figura 6. Arquitetura de Sistema de Informação Geográfica.



Fonte: Araújo at eng.uerj.br, 2011

2.2 Processamento Digital de Imagens

A área de Processamento Digital de Imagens (PDI) incorpora fundamentos de várias ciências, como física, computação e matemática (ALBURQUERQUE; ALBURQUERQUE, 2000). Conceitos como óptica, física do estado sólido, projeto de circuitos, teoria dos grafos, álgebra, estatística, dentre outros, são comumente requeridos no projeto de um sistema de processamento de imagens. Existe também uma intersecção forte entre PDI e outras disciplinas como Redes Neurais Artificiais, Inteligência Artificial, Percepção Visual, Ciência Cognitiva, entre outras. Há igualmente um número de disciplinas as quais, por razões históricas, se desenvolveram de forma parcialmente independente do PDI, como Fotogrametria, Sensoriamento Remoto usando imagens aéreas e de satélite, Astronomia e Mapeamento Médico.

O processamento de imagens pode ser dividido em 03 (três) etapas, conforme apresentam Gonzalez e Woods (2010), são elas: i) pré-processamento, ou processamento de nível baixo: engloba as fases de aquisição e pré-processamento (filtragem, restauração, mudança do domínio, compressão), tratando da melhoria da imagem e tornando-a mais adequada para o processamento das informações que se pretende obter. As atividades que

compõem este nível não necessitam da supervisão humana, tampouco da utilização de rotinas ou equipamentos sofisticados, em termos de inteligência computacional; ii) processamento, ou processamento de nível médio (segmentação, representação e descrição): segmentar uma imagem é dividi-la em partes, ou objetos que a constituem. A partir deste processo são gerados dados em forma de pixels que podem representar tanto o contorno da imagem quanto os componentes internos deste contorno, em certos casos, podem representar ambos. Uma vez definida essa representação, busca-se descrever quais dados estão sendo representados, quantificando informações básicas, de forma a discriminar classes de objetos que formam a imagem; iii) reconhecimento e interpretação, ou processamento de nível alto: reconhecimento é o processo de rotulação dos objetos a partir das informações fornecidas por seu descritor e a interpretação, trata de atribuir significado a um conjunto de objetos reconhecidos.

De acordo com os manuais do SPRING DPI-INPE (2006) processamento de imagem são: As técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores recebem o nome de processamento digital de imagens, ou seja, é a manipulação de uma imagem por computador de modo onde a entrada e a saída do processo são imagens. Usa-se para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e para fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos. Inclui diversas áreas como a análise de recursos naturais e meteorologia por meio de imagens de satélites; transmissão digital de sinais de televisão; análise de imagens biomédicas; análise de imagens metalógrafas e de fibras vegetais; obtenção de imagens médicas por ultrassom, radiação nuclear ou técnicas de tomografia computadorizada; aplicações em automação industrial envolvendo o uso de sensores visuais em robôs. O uso de imagens multiespectrais registradas por satélites tais como, Landsat, SPOT ou similares é uma valiosa técnica para a extração dos dados destinados às várias aplicações de pesquisa de recursos naturais. As técnicas de processamento digital de imagens, além de permitirem analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, também possibilitam a integração de vários tipos de dados, devidamente georreferenciados.

A disciplina “processamento de imagens” vem na realidade do processamento de sinais. Os sinais, assim como as imagens, são na realidade um suporte físico que carrega no seu interior uma determinada informação. Esta informação pode estar associada a uma medida (um sinal em associação a um fenômeno físico), ou pode estar associada à um nível

cognitivo (conhecimento). Processar uma imagem consiste em transformá-la sucessivamente com o objetivo de extrair mais facilmente a informação nela presente. Cabe, então fazer uma comparação entre o processamento de imagem e a área computação gráfica, técnica que são frequentemente aplicadas através de sequências animadas na televisão ou em filmes de cinema. A computação gráfica parte de uma informação precisa para obter uma imagem ou um filme (ALBURQUERQUE, ALBURQUERQUE; 2000).

O primeiro passo no processo é a aquisição da imagem, isto é, adquirir uma imagem digital. Para fazer isso, pode ser utilizado um sensor para mapeamento. O sensor pode ser uma câmera de TV monocromática ou colorida, ou também, uma câmera de varredura por linha que produza uma única linha de imagem por vez. Se a saída da câmera ou outro sensor de mapeamento não se encontrar na forma digital, um conversor analógico-digital pode realizar a digitalização (Duarte, 2017).

O passo seguinte consiste no pré-processamento, isto é, deve-se melhorar a imagem de forma a aumentar as chances de sucesso dos processos seguintes. O pré-processamento, tipicamente, envolve técnicas para o realce de contrastes, remoção de ruídos e isolamento de regiões cuja textura indique a probabilidade de informação alfanumérica (Duarte, 2017). De acordo com SPRING - DPI/INPE, 1991-2006, a técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano e é normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões. Os autores ainda definem o contraste entre dois objetos como a razão entre os seus níveis de cinza médios.

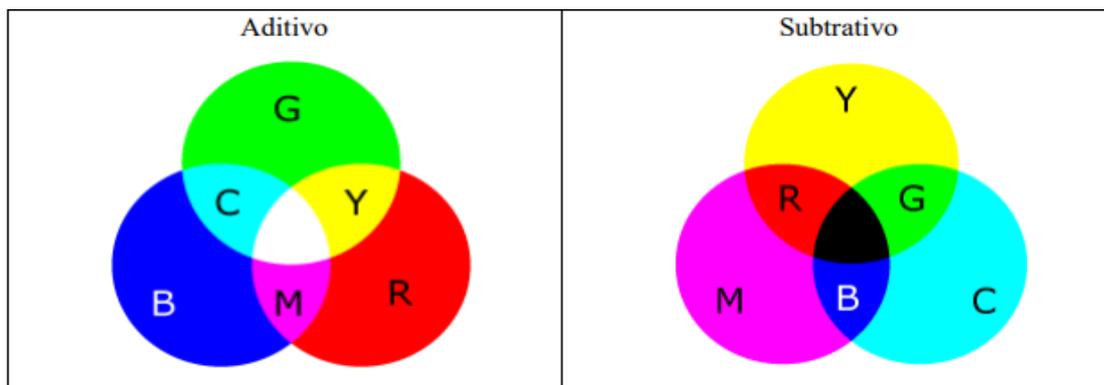
A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem, esta é uma operação que deve ser realizada ponto a ponto, independentemente da vizinhança. A escolha do mapeamento direto adequado é, em geral, essencialmente empírica. Entretanto, um exame prévio do histograma da imagem pode ser útil. O histograma de uma imagem descreve a distribuição estatística dos níveis de cinza em termos do número de amostras ("pixels") com cada nível. A distribuição pode também ser dada em termos da percentagem do número total de "pixels" na imagem. Pode ser estabelecida uma analogia entre o histograma de uma imagem e a função densidade de probabilidade, que é um modelo matemático da distribuição de tons de cinza de uma classe de imagens. A cada histograma está associado o contraste da imagem.

O próximo estágio consiste na segmentação, que divide uma imagem de entrada em partes ou objetos que constituem. Em geral, a segmentação automática é uma das tarefas mais difíceis no processamento de imagens digitais. Um procedimento de segmentação robusto favorece substancialmente a solução bem-sucedida de um problema de mapeamento. Por outro lado, algoritmos de segmentação fracos ou erráticos quase sempre asseveram falha no processamento. A saída do estágio de segmentação é constituída, tipicamente, por dados em forma de pixels, correspondendo tanto à fronteira de uma região como a todos os pontos dentro dela. Em ambos os casos é necessário converter os dados para uma forma adequada ao processamento computacional. A primeira decisão que precisa ser feita é se os dados devem ser representados como fronteiras ou como regiões completas (Duarte, 2017).

De acordo com Gonzalez & Woods (2010), “[...] processamento digital de imagens envolve processos cujas entradas e saídas são imagens e, além disso, envolve processos de extração de atributos de imagens até – e inclusive – o reconhecimento de objetos individuais.”

Segundo Machado e Morato (2017), as cores que percebemos são produzidas pela luz. A luz do sol, aparentemente branca, é na verdade, composta por várias cores. Existem três tipos de diferenciação de cores que são: i) matiz: refere-se ao nome da cor (amarelo, vermelho, azul, laranja, verde, violeta, etc.); ii) valor (tom) ou brilho: é a escala do claro ao escuro de uma cor em relação a uma escala de cinzas que varia do branco ao preto. As cores mais claras têm um alto valor tonal e refletem mais luz, enquanto que uma cor de baixo valor (brilho) é mais escura e absorve mais luz; iii) saturação ou intensidade: refere-se a vivacidade ou a palidez de uma cor, e está associado com a pureza da mesma. Em sua intensidade máxima, as cores são ditas puras, e intensidade é o que determina os matizes mais claros ou escuros, refere-se a claridade de uma cor. As cores primárias ou as cores puras, (vermelho, azul e amarelo), tal como era ensinado tradicionalmente, existem sem a mistura de outras cores, ou seja, não podem se decompor em outras. As cores somente existem em função da luz, surgindo o sistema de cores-luz, que são as sínteses aditivas ou subtrativas, como pode ver na Figura 7.

Figura 7 – Processos de Formação das Cores.



Fonte: Adaptado de FLORENZANO, 2011, pp. 29–30

RGB (*Red, Green e Blue*) é utilizado na maioria das vezes em modelos orientados para *hardware* como monitores coloridos e câmeras de vídeo. Já o **CMYK** (*Cyan, Magenta, Yellow e Black*) são cores secundárias ou primárias de pigmentos, utilizada para impressoras, onde a cor chave (*Key Collor*) é o preto (FELGUEIRAS, 2007).

O processamento de imagens digitais envolve procedimentos normalmente expressos sob forma algorítmica. Em função disto, com exceção das etapas de aquisição e exibição, a maioria das funções de processamento de imagens pode ser implementada via software. O uso de hardware especializado para processamento de imagens somente será necessário em situações nas quais certas limitações do computador principal (por exemplo, velocidade de transferência dos dados através do barramento) forem intoleráveis (MARQUES FILHO, 1999).

A tendência atual do mercado de hardware para processamento de imagens é a comercialização de placas genéricas compatíveis com os padrões de barramento consagrados pelas arquiteturas mais populares de microcomputadores e estações de trabalho. O software de controle destas placas é que determinará sua aplicação específica a cada situação. As vantagens mais imediatas são a redução de custo, a modularidade, a reutilização de componentes de software em outra aplicação rodando sobre o mesmo hardware e a independência de fornecedor. Convém notar, entretanto, que sistemas dedicados continuam sendo produzidos e comercializados para atender a tarefas específicas, tais como processamento de imagens transmitidas por satélites (VIEIRA NETO, 1999).

2.3 Inteligência Artificial

Teixeira (1990) traz a Inteligência Artificial (IA), como uma grande revolução tecnológica pela qual o mundo passou. A IA pode ser definida como a parte da Computação na qual se tenta simular vários aspectos físicos e psicológicos de seres humanos e animais, tais como suas atitudes e pensamentos (MILLINGTON e FUNGE, 2009). Há outras definições de IA, como por exemplo a de Luger (2004), que diz que a IA “pode ser definida como o ramo da ciência da computação que se ocupa com a automação do comportamento inteligente.”

“Uma revolução com profundas influências na psicologia, na linguística e na filosofia. A ciência da computação deixava de ser uma disciplina puramente técnica, e suas realizações passaram a estender-se para outros campos. A idéia de estudar a mente humana à semelhança de um programa de computador parecia despontar como uma nova etapa para as ciências humanas.” (TEIXEIRA, 1990, p. 3)

Os estudos de IA em ambientes computacionais começaram na década de 40, e foi nessa época que o computador moderno possibilitou a execução de uma quantidade enorme de cálculos em um tempo curto, viabilizando avaliar ações e resultados usando combinações de possibilidades e simulações. Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts criaram uma rede eletrônica que simulava um neurônio, nascendo daí a visão conexionista da IA (MCCULLOCH & PITTS, 1943).

Na década de 50 surgiram os primeiros simuladores de redes neurais artificiais, quando também foi criado o termo *Machine Learning (ML)*, definido como um programa de computador capaz de aprender através de experiências. Depois de alguns anos de avanços na década de 70, o modelo conexionista encontrava-se numa fase complicada, pois era difícil obter bons resultados em problemas simples e os investimentos foram reduzidos. As redes do tipo *perceptron*, como as *Multilayer perceptron (MLPs)*, propostas alguns anos antes, exibiam limitações como, por exemplo, não conseguir classificar conjuntos de dados não lineares. Além disso, na época, o poder computacional das máquinas era limitado (ANDRADE, 2013).

Na década de 80, com uma expectativa mais modesta, surgem os sistemas especialistas com o objetivo de resolver problemas específicos numa determinada área de conhecimento. Nessa mesma década surgiu o conceito de *Reinforcement Learning (RL)* para treinamento de redes neurais, onde ações corretas geram reforço positivo e ações incorretas geram reforço negativo. Também na década de 80 surgiu o método de *BackPropagation*

(BP), onde um gradiente é calculado com base no erro encontrado e usado para definir os pesos dos neurônios nas camadas antecedentes das redes neurais (NASCIMENTO JR. & YONEYAMA, 2004).

Apesar dos avanços as redes neurais foram desacreditadas durante a década de 90, pois a comunidade que pesquisava a área de visão computacional e reconhecimento de fala acreditava que era inviável realizar o aprendizado sem a extração de características previamente. O conceito de *Deep Learning (DL)* já estava sendo aplicado a redes neurais, porém sem grandes resultados. Mesmo com o uso de algoritmo de BP as redes sozinhas não eram capazes de realizar o trabalho de aprendizagem e havia um grande problema com mínimos locais (DENG, 2014). Mais recentemente as arquiteturas profundas de aprendizagem começam a ser utilizadas e a partir dos anos 2000 os avanços tecnológicos de hardware contribuíram grandemente para a solução dos problemas de desempenho, renovando o interesse nessa área de pesquisa (DENG, 2014). Além disso a grande disponibilidade de dados na internet também contribuiu para potencializar a alimentação de dados nos algoritmos de treinamento.

Conforme apontam Openshaw e Openshaw (1997, p.24), o uso da IA em geoprocessamento proporciona: a criação de novos e melhores modelos de sistemas humanos espaciais; o desenvolvimento de novos e melhores métodos para análise espacial; a condução de estudos mais realísticos do ponto de vista geográfico; a possibilidade de uso da imensa quantidade de informação geográfica que tem sido criada desde o advento da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas e a aplicação da computação aos estudos mais qualitativos (“*soft áreas*”) do geoprocessamento.

De acordo com Tafner(1996) afirma que o método de Kohonen é uma RNA competitiva, não supervisionada e traz como saída uma representação discreta dos padrões de entrada que estão agrupados por similaridade. A rede é considerada competitiva porque os neurônios pertencentes à camada de saída competem entre si para que, em um determinado momento, um único neurônio represente de modo eficaz a informação recebida pela camada de entrada da rede.

3. Análise/Desenvolvimento

Este trabalho tem como objetivo apresentar conceitos e aplicações nas áreas de pesquisa que utilizam técnicas computacionais para o Processamento Digital de Imagens, incluindo Inteligência Artificial, Classificação de Imagens (supervisionadas e não-supervisionadas) e Reconhecimentos de Padrões em Geoprocessamento, enfatizando a forma e finalidade de sua utilização. Foram realizados levantamentos teóricos sobre técnicas de Geoprocessamento.

Para coletar os artigos que utilizam técnicas computacionais foram feitas buscas nos periódicos como: SCIELO, Web of Science, SCOPUS e IEEE. Logo depois das buscas realizadas, foram feitos os downloads e as exclusões de alguns trabalhos de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 3 – Método de busca das técnicas computacionais

| | |
|---|------------|
| Busca de trabalhos | 28 Artigos |
| Trabalhos Duplicados | 12 Artigos |
| Trabalhos que não utilizam Geoprocessamento | 6 Artigos |
| Trabalhos que foram coletados para a demonstração | 10 Artigos |

Fonte: O Autor

Os trabalhos serão apresentados a seguir, de acordo com as respectivas áreas do conhecimento.

I. Técnicas utilizando Sensoriamento Remoto

Coelho e Pitanga (1982), **Evolução do uso e cobertura do solo da cidade do Rio de Janeiro**, empregaram técnicas de sensoriamento remoto para avaliar a evolução da cobertura e uso do solo na cidade do Rio de Janeiro, no período compreendido entre 1972 e 1980. Os estudos foram representados na forma de cartas temáticas, evidenciando a evolução espacial e dinâmica do processo de transformação no uso da terra naquela cidade. O resultado obtido viabilizou a implantação de medidas preventivas com vista ao restabelecimento do equilíbrio ecológico da região.

O trabalho de Farina (1999), **Utilização de Técnicas de sensoriamento e sistemas de informação geográfica para a definição de áreas aterradas marginais a enseada da Mangueira**, utilizou técnicas de sensoriamento remoto e SIG para avaliar o avanço de uma área de ocupação irregular, através de aterros, sobre a enseada da Mangueira, no município

de Rio Grande (RS). Através de fotografias aéreas, de 1974, e imagens digitais de pequeno formato, de 1999, foi constatada, em ambiente SIG, a evolução temporal dos aterros realizados no período. Obteve-se, assim, a identificação e a quantificação do avanço de terras emersas na enseada, representado por meio de mapas. O estudo serviu de base para a elaboração do diagnóstico socioambiental e para o encaminhamento à Prefeitura Municipal de propostas de recuperação das condições socioambientais.

II. Técnicas de Geoprocessamento

O trabalho de Sousa e Silva (2016), **Geoprocessamento Aplicado ao Levantamento de Solos no Município de Inconfidentes-MG**, possibilitou o reconhecimento de três classes pedológicas. Foram mapeadas as áreas de ocorrência de Latossolos, Gleissolos e Cambissolos, as três ordens de solos mais representativas do município, classificadas até o quarto nível categórico. A aplicação das ferramentas de geotecnologia se mostrou muito útil para a caracterização das classes pedológicas e posterior generalização, uma vez que através delas foi possível inferir as condições ambientais de formação dos solos e integrá-los com dados de campo e análises de laboratório.

De acordo com o trabalho de Moura, Marques e Andrade (2008), **Modelagem e Mapeamento de Solos do Município Mineiro de Machado Utilizando-se de Geoprocessamento**, as técnicas de geoprocessamento utilizadas demonstraram ser eficientes para elaboração de mapeamentos de solos baseados nas características do relevo, quando aceitas associações na cartografia. A utilização de mapas temáticos em escala maiores, especialmente de geologia, tornam-se necessários para um melhor refinamento de modelos para mapeamento pedológicos, principalmente em áreas onde não há elaborações anteriores de mapas de solos. Para mapeamento em menores escalas, os procedimentos adotados são julgados adequados para a confecção de produtos cartográficos de bom nível de precisão em temáticas pedológicas e outras correlatas.

De acordo com Leão e Souza (2018), **Sistema Inteligente de Monitoramento de Deslizamento de Solos**, os avanços mais importantes nos estudos de tecnologia de bioengenharia de solo estão em adoção de técnicas mais eficientes, principalmente para evitar deslizamentos de terra e movimentos de massa de solo. Assim, metodologias que avaliam desenvolvimento da raiz no perfil do solo usando menos métodos destrutivos, diminuindo os danos às plantas, diminui a probabilidade de interferência de dados por deslocamento de amostras e/ou retrabalho como um resultado da retirada.

III. Técnica de Sistema de Informações Geográficas (SIG)

O trabalho de Lo e Shipman (1990), **Uma abordagem GIS para detecção de dinâmica de mudança do uso da Terra**, utilizaram SIG para avaliar os efeitos da urbanização em *Tuen Mun, New Territories, Hong Kong*, através da integração de fotografias aéreas, cartas topográficas e mapas geológicos. Os autores destacaram a capacidade da metodologia empregada para detectar as mudanças no uso do solo e o impacto ambiental decorrente. Na China, o SIG, atualmente, é extensivamente usado pelos órgãos do governo, em um amplo leque de aplicações, que incluem análise de recursos ambientais, planejamento de uso do solo, análise locacional, avaliação de impostos, planejamento de infra-estrutura, análise de bens imóveis, marketing, análise demográfica, estudos de habitats e análise arqueológica.

Já o trabalho de Farina (2003), **Utilização de técnicas de geoprocessamento para seleção de áreas adequadas à expansão urbana**, elaborou uma metodologia em ambiente SIG para planejamento da expansão urbana. A modelagem do mundo real no SIG, através da criação de planos de informação (PI), foi a base para espacializar e analisar as variáveis pertinentes ao estudo. Dessa forma, são gerados PIs primários de cobertura vegetal, hidrografia, área urbana, e PIs derivados distância à área urbana, distância à hidrografia, geologia, adequabilidade em relação à hidrografia, entre outros. Os PIs gerados foram cruzados utilizando métodos de análise espacial, obtendo-se como resultado desses procedimentos, um mapa temático final contendo classes de adequabilidade à expansão urbana. Com a finalidade de avaliar a adequação da metodologia desenvolvida, foi selecionada uma área teste, situada no município de Rio Grande. A metodologia proposta é, então, aplicada a essa área, resultando em um mapa temático contendo as classes de adequabilidade à expansão urbana para o município do Rio Grande. Esse produto pode ser utilizado pela administração municipal para fins de planejamento urbano. A base de dados gerada poderá ser modelada para atender a diversas aplicações relacionadas ao planejamento territorial, como seleção de áreas adequadas para aterros sanitários, localização de indústrias, avaliação de impactos ambientais.

De acordo com Neto (2011), **Aplicação do Sistema de Informações Geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba - PR**, esta pesquisa teve como objetivo aplicar a técnica de Sistema de Informações Geográficas (SIG) na mensuração de variáveis do inventário da arborização de ruas de Curitiba-PR, visando agilidade e redução

nos custos deste serviço, para subsidiar o planejamento e monitoramento arbóreo urbano. Para a realização desta pesquisa foram selecionadas três unidades amostrais da arborização de ruas do município de Curitiba provenientes de um inventário arbóreo realizado em 1984.

IV. Técnica utilizando Topografia Convencional

De acordo com o trabalho de Lima (2018), **Estudo Comparativo Entre Os Métodos De Levantamento Planialtimétrico (Topografia Convencional e Aerofotogramétrico) Para Fins De Elaboração Do Plano Diretor Da Comissão Regional De Obras Em Belém**, teve como objetivo utilizar a técnica de topografia convencional e aerofotogramétrica, e verificar se realmente é relevante o uso dessas técnicas. Observaram que as duas técnicas apresentaram restrições particulares. A topografia convencional apresentou dados planimétricos interiores às edificações que não foram levantados por questões de inviabilidade operacional, contudo esses mesmos dados foram perfeitamente levantados por aerofotogrametria. Outra restrição, agora verificada durante o levantamento aerofotogramétrico, foi que devido a vegetação densa, impede a visualização dos dados planimétricos interiores, contudo, esses dados ficaram melhor definidos com a utilização da topografia convencional.

V. Técnica utilizando Processamento Digital de Imagens

De acordo com a pesquisa de Alves e Melo (2009), foi possível comprovar a eficiência da utilização de técnicas de processamento de imagens na identificação dos focos de degradação na área estudada. A aplicação de diferentes operações de realce de contraste, considerando as características dos diferentes alvos, foi importante tanto no sentido de melhorar a análise visual como também permitiu melhorar o desempenho do classificador, uma vez que conferiu maior segurança na coleta das amostras. No que se refere às condições de degradação ambiental detectadas na lagoa do Mocambinho, espera-se que este trabalho possa contribuir para que as autoridades competentes desenvolvam ações de recuperação e preservação da área obedecendo aos parâmetros definidos na legislação ambiental.

VI. Análise de dados

Neste trabalho, foi coletado duas imagens aleatórias dos anos de 1984 e 1986, do Brasil. Usando as imagens do satélite Landsat-8, com as bandas: canal *RED* – banda 3, canal

BLUE – banda 1 e canal *GREEN* – banda 2. As imagens foram tratadas pelo método de SOM de KOHONEN.

As redes *Self Organizing Maps* (SOM) são conhecidas como sistemas de aprendizado competitivo não supervisionado que conseguem extrair características a partir de um conjunto de dados de treinamento. A partir de uma camada bidimensional de neurônios, representada por um conjunto de pesos iniciais, o algoritmo de treinamento do SOM realiza uma auto-organização destes neurônios de forma que os mesmos passem a representar características do conjunto de treinamento utilizadas (KOHONEN, 1982). Na figura 8, pode-se verificar as imagens originais antes de tratar a imagem no método de KOHONEN.

Figura 8. Composição colorida da Imagens de satélites nos tempos 1984 e 1986.

1984



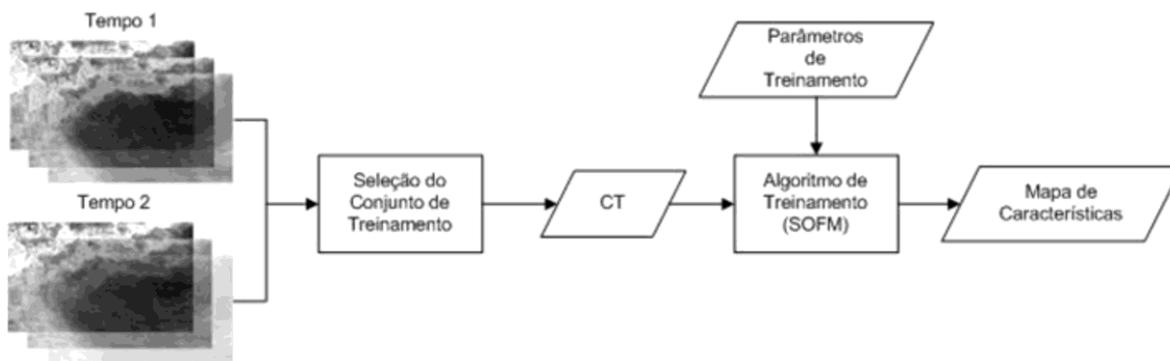
1986



Fonte: O Autor

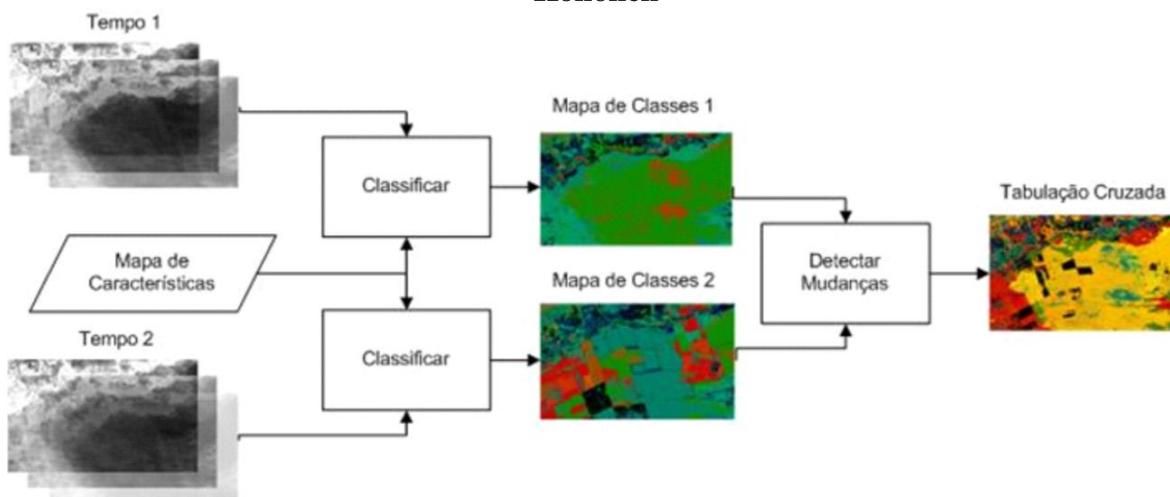
A performance do método SOM DE KOHONEN, se dá a um tamanho de rede com 25 neurônios (5x5), chegando á 1000 interações, o número máximo. Na figura 9 será possível verificar a geração do mapa de características utilizando SOM KOHONEN. Logo na figura 10 terá o Sin-Classificação e detecção de mudanças temporais utilizando SOM de KOHONEN.

Figura 9. Geração do Mapa de Características utilizando SOM de Kohonen



Fonte: Pereira, 2015

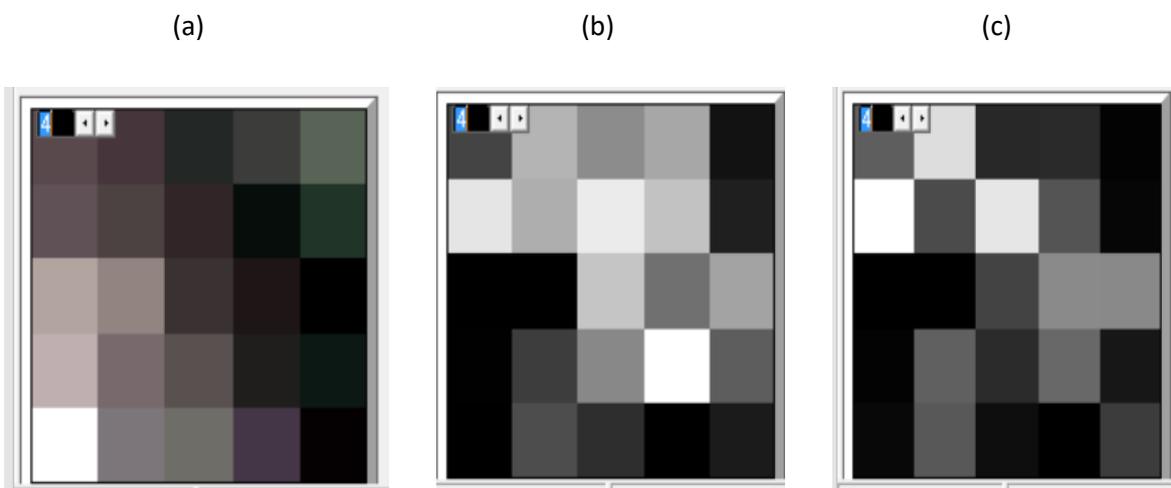
Figura 10. Sin-Classificação e Detecção de Mudanças Temporais utilizando SOM de Kohonen



Fonte: Pereira, 2015

Percebe-se que, em uma rede de Kohonen o neurônio com a maior resposta para uma determinada entrada terá os pesos de suas sinapses preparados para aumentar sua resposta mediante ao padrão de entrada. Isso caracterizará o treinamento competitivo da rede. A dimensão de saída pode ser uni ou n-dimensional (geralmente bidimensional). Vale lembrar que o aprendizado da rede neural dependerá, diretamente, dos parâmetros adotados, como: razão de aprendizagem, tipo de vizinhança, dentre outros. O modelo de Kohonen possui um padrão mais geral por permitir um mapeamento entre conjuntos de dimensões diferentes (BOTTER et al., 2005). Na figura 11 podemos verificar o mapa de classe geral, utilizando a classificação de imagens e os neurônios sendo ativados nas imagens de 1984 e 1986. Quanto mais escura a classe apresentada no mapa, menos pixels ele classificou. Quanto mais clara, mais pixels ela classificou.

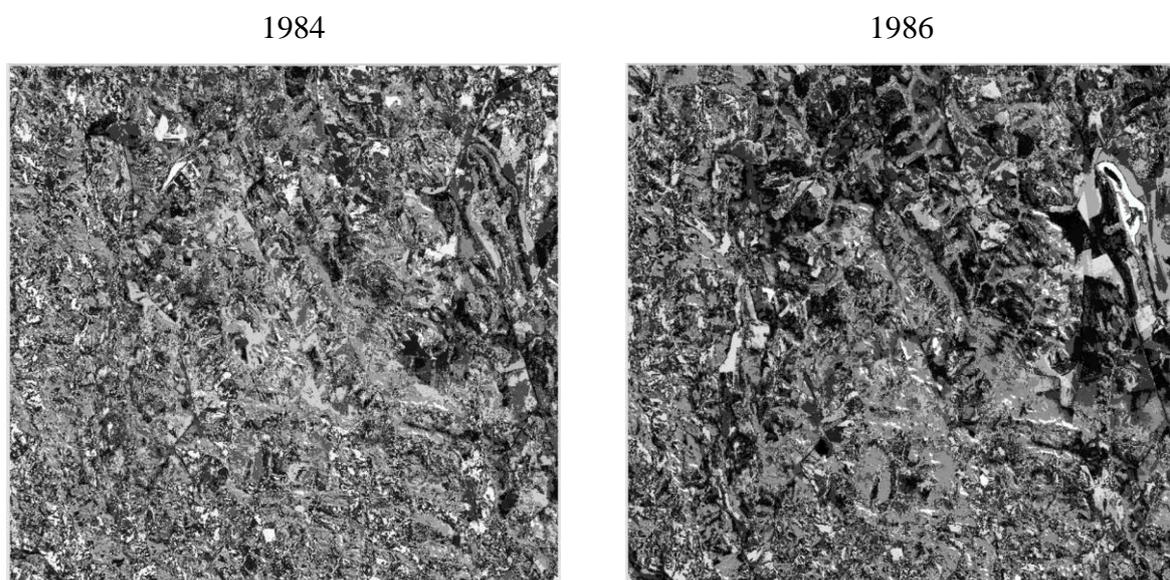
Figura 11. (a) Mapa de Classes Geral, utilizado na classificação das imagens (R-b3; G-b3; B-b1). (b) e (c), Neurônios ativadas nas imagens de 1984 e 1986.



Fonte: Pereira, 2015

Após todas as classificações e tratamento das imagens dos anos de 1984 e 1986, pode-se verificar na imagem 12 as imagens classificadas utilizando Redes Neurais de KOHONEN. A mesma tonalidade de cinza significa mesma classe em ambas as imagens.

Figura 12. Imagens classificadas utilizando Redes Neurais de Kohonen



Fonte: O Autor

Diante do comportamento apresentado pela rede, é possível afirmar que a utilização deste método é viável e útil para realizar a classificação temporal aplicada a diversos indicadores relacionados com o objetivo de conhecer ou monitorar determinada variável desconhecida.

A utilização da ferramenta demonstrada, refere-se ao fato de que os dados gerados pela rede DMB – SOM serem compatíveis para utilização em outras ferramentas tecnológicas (softwares) como, por exemplo, o ArcGis (ArcMap) que são usados com frequência em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e permitem a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. A partir daí, torna-se possível a produção de mapas cartográficos que demonstram os diversos fenômenos que ocorrem no planeta quer sejam por fatores naturais ou antrópicos. Destaca-se a ocorrência de desmatamentos, queimadas, fenômenos meteorológicos (furacões e tufões), alagamento de regiões (lagos de usinas hidrelétricas), enchentes urbanas, ocupação urbana desordenada em área de risco como encostas e ribeirinhas, dentre outros.

Pode-se concluir que a utilização de ferramentas computacionais com as redes neurais artificiais em uma abordagem metodológica de classificação não supervisionada como o modelo apresentado anteriormente, demonstra apresentar inúmeras vantagens e motivos que justifiquem sua utilização. Podemos destacar as vantagens: São capazes de executar tarefas que métodos lineares não conseguem em função de seu aspecto não linear; A transformação das variáveis é automática no decorrer do processo computacional da rede sem a necessidade de interferência humana; Uma RNA aprende e não precisa ser reprogramada; Se uma unidade neuronal artificial falhar, outra assume a função de dar continuidade ao processamento dos dados; São capazes de aprender, armazenar e generalizar o conhecimento, tendo capacidade de descrever o todo a partir de algumas partes.

4. Considerações Finais/Conclusão

É constante a necessidade de se analisar as alterações de uso do solo ao longo do tempo. Estudiosos e pesquisadores buscam analisar essas alterações, porém devido às limitações de software para auxiliar neste estudo, a dimensão temporal estudada é limitada. O presente artigo trouxe novos conceitos para a utilização do tempo nesta análise, contribuindo com uma sensível melhoria nos processos que envolvem análises do uso do solo ao longo do tempo.

Este trabalho teve como objetivo a análise de técnicas de Geoprocessamento e como é utilizado o Geoprocessamento com a ajuda de Inteligência Artificial. O trabalho foi realizado em etapas, começando com o levantamento bibliográfico de cada técnica dentro do Geoprocessamento, como: Topografia Convencional, Sensoriamento Remoto, GPS, SIG, Processamento Digital de Imagens, e teve também um levantamento bibliográfico de Inteligência Artificial.

Na segunda etapa do trabalho, foram coletadas buscas de artigos das técnicas de Geoprocessamento usados em diversas áreas. Logo em seguida foi realizado o levantamento de solo, usando imagens do satélite LANDSAT-8. Ao realizar o levantamento, as imagens tratadas com o método de SOM de KOHONEN pode-se verificar a demonstração e a utilização positiva deste método.

Pode-se concluir que a utilização de ferramentas computacionais com as redes neurais artificiais em uma abordagem metodológica de classificação não supervisionada como o modelo apresentado anteriormente, demonstra apresentar vantagens e motivos que justifiquem sua utilização.

Sendo assim, os experimentos realizados com o método de KOHONEN, comprovaram a eficiência dos conceitos propostos no trabalho, demonstrando na prática as vantagens da sua utilização.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, Marcos P.; ALBUQUERQUE, Marcelo P. **Processamento de Imagens: Métodos e Análises**. Rio de Janeiro, 2000.

ALVES, C.M.D.; MELO, L.F.S. **Processamento Digital de imagens de satélite aplicado à identificação de focos de degradação**. MundoGEO, Cafet-PI, 2011

ANDRADE, E. de. **Classificação de Cores de Embalagens de Defensivo Agrícola Utilizando Redes Bayesianas**. 97 f. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ARAÚJO, J.R. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. Disponível em: <http://www.geomatica.eng.uerj.br/docentes/araujo/arquitetura_de_sistemas_de_informacao_geografica#dokuwiki__top>, Acesso em: 19/11/2020

BERNARDI, J.V.E; LANDIM, P.M.B . **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na Coleta de Dados**. São Paulo - Unesp,2002.

BOTTER, E. A.; NASCIMENTO JUNIOR, C. L; YONEYAMA, T. Redes neurais autoorganizáveis para classificação de sinais eletrocardiográficos atriais. Revista integração. São Paulo:Universidade São Judas Tadeu. Ano XI, n. 40. p.51-56, 2005.

BURROUGH, P.A (1987). **Principles of Geographical Information Systems for land Resources Assesment** Claredon Press, Oxford. 193p.

CALIJURI, M. L.; LORENTZ, L. F.; MEIRA, A. D. GeoMunicipal - Módulo 5 - **Sensoriamento Remoto**. In: PPG-EC-UFV / SRH-MMA. (Org.). GEOMUNICIPAL. 1ed.Brasília - DF: SRH-MMA (Secretaria de Recursos Hídricos - Ministério do Meio-Ambiente), 2003, v. 5, p. 1-100.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: <<http://dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 04 out.2019

COELHO, D.; PITANGA,J.F.S. **Evolução do uso e cobertura do solo da cidade do Rio de Janeiro: 1972-1980**. In: Simpósio Brasileiro Sensoriamento Remoto, 1982, Brasília, DF. Anais...Brasília, DF, 1982.v3, p.10-14

CUGNASCA, C. E; FERREIRA, W; PAZ, S. M. **Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Turismo**. São Paulo, 1998. p.24-46

DENG, L.; YU, D. **Foundations and Trends in Signal Processing - Deep Learning: Methods and Applications**. Editora Now, 2014.

DUARTE, G.D; Material de apoio, **Introdução ao Processamento de Imagens**, IFSul – Eng. Elétrica, 2017.

ERGBH, **Engenharia com Segurança e Sustentabilidade**. Disponível em: <<https://www.ergbh.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Portif%C3%B3lio-ERG.pdf>>, Acesso em: 19/11/2020

FARINA.F.C. **Utilização de técnicas de sensoriamento e sistema de informação geográfica para a definição de áreas aterradas marginais à enseada da Mangueira**. Trabalho de graduação, departamento de Geociências, FURG, Rio Grande, RS, 1999^a

FARINA.F.C. **Diagnóstico socioambiental das áreas adjacentes á enseada Mangueira. Relatório técnico**. Prefeitura Municipal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 1999b

FELGUEIRAS, Carlos A.; **DPI-INPE.BR/ SPRING** (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2007.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. [s.l.] Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital De Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Pretience Hall, 2010. p. 624

IBRACAM- Instituto Brasileiro de Certificação Ambiental. **O que é Geoprocessamento e qual a sua importância**. Viçosa- Minas gerais, 2009. Disponível em: <<https://ibracam.com.br/blog/o-que-e-geoprocessamento-e-qual-sua-importancia>> Acesso em: 24/03/2020.

IMBRAHIN, F. I. D. **Introdução ao Geoprocessamento Ambiental**. 1^oed. São Paulo: Érica/Saraiva.

KOHONEN, T. Analysis of a simple self-organizing process. Biological cybernetics. 44: 135- 140. Springer, 1982.

KOHONEN, T. Self-Organized formation of topologically correct feature maps. Biological Cybemeics, 43: 59-69, 1982.

LEÃO, JC; SOUZA, PH **Sistema inteligente de monitoramento de deslizamento de solos**. RevistaGestão & Sustentabilidade Ambiental , 7: 508-524,2018.

LIMA, G.O. **Estudo Comparativo Entre Os Métodos De Levantamento Planialtimétrico (Topografia Convencional E Aerofotogramétrico) Para Fins De Elaboração Do Plano Diretor Da Comissão Regional De Obras Em Belém**, Belém - PA, 2018.

LOCH, C. **Topografia contemporânea: planimetria**. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2000.

LO,C.P.; SHIPMAN,R.L. **A GIS approach to land-use change dynamics detection. Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, v56, n.11, p.342-350,1990.

LUGER, G. F. **Inteligência Artificial - Estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2004.

MACHADO, R.P.P; MORATO, R.G. **Teoria das Cores**. 2017. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2612831/mod_resource/content/2/7%20Cores2017.pdf > Acesso em: 28/05/2020.

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento Digital de Imagens**, Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098

MCCULLOCH, W.; PITTS, W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. **Bulletin of Mathematical Biophysic**, v. 5, p.115-133, 1943.

MILLINGTON, I.; FUNGE, J. **ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR GAMES**. 2. ed. [S.l.]: ELSEVIER, v. 1, 2009. 870 p. ISBN 978-0-12-374731-0.

MONICO, J.F.G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo. Editora UNESP, p.10, 2014.

Mousa, L.C.; Marques, A.F.S.M.; Andrade, H. **MODELAGEM E MAPEAMENTO DE SOLOS DO MUNICÍPIO MINEIRO DE MACHADO UTILIZANDO-SE DE GEOPROCESSAMENTO**. Uberlândia - BH v. 9, n.25 p. 195 - 202, 2008.

NASCIMENTO JR., C. L.; YONEYAMA, T. **Inteligência Artificial em Controle e Automação**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, FAPESP, 2004.

Neto, E.M.L. **Aplicação Do Sistema De Informações Geográficas Para O Inventário Da Arborização De Ruas De Curitiba, Pr**. Universidade Federal do Paraná. 2011

NOVAK, J.; JR., J. B. A. **Game Development Essentials: Game Artificial Intelligence**. [S.l.]: Cengage Learning, v. 1, 2007. ISBN 978-1418038571.

OPENSHAW, S.; OPENSHAW, C. **Artificial Intelligence in Geography**. Chichester: Wiley, 1997. p.24

PAZ, S.M; CUGNAZA, C.E. **O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Suas Aplicações**. São Paulo, SP, 1997.

PEREIRA, N.S. **Novos formatos de dados e algoritmos para suporte à imagens multi-dimensionais**. Anápolis, GO,2014.

ROCHA, R. **Geotecnologia na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: USP, 2007, p.21-90

RODRIGUES, M. **Geoprocessamento: um retrato atual**. Revista Fator GIS. Sagres Cartografia e Editora, Curitiba, PR, 1993, Ano1, nº2, pág. 20-23.

RUDORFF, B.F.T. **Produtos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, SP.

Santos, J. **Processamento Digital. Geotecnologias e Software Livre, 2015**. Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/wpcontent/uploads/2015/07/LANDSAT8_Novo_Site_do_INPE.pdf>. Acesso em: 15/11/2020

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento Remoto e suas Aplicações para Recursos Naturais**. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#tania>> . Acesso em: 20/03/2020.

SILVA, A.C.C; MARIANI, L; GONZÁLEZ, R.H.A. **Conceitos Básicos de Geoprocessamento e Cartografia**. 2 ed. Foz do Iguacu, PR, 2012.

SILVA, R. M. D. **Introdução ao geoprocessamento: Conceitos, técnicas e aplicações**. Novo Hamburgo: Feevale, 2007.

Souza, A. C. C., Silva, M. L. **Geoprocessamento aplicado ao levantamento de solos no município de Inconfidentes-MG**. Revista Brasileira de Geografia Física V. 09 N. 01, 2016.

SPRING - DPI/INPE, 1991-2006. Tutorial de Geoprocessamento. **Introdução ao Processamento de Imagens**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_pro.html> Acesso em: 20/03/2020

SPRING- Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. **Introdução ao Geoprocessamento**. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html> Acesso em: 20/03/2020.

TAFNER, M. A.; de XEREZ, M.; FILHO, I. W. R. **Redes neurais artificiais: introdução e princípios de neurocomputação**. Editoras ECO e Editora da FURB, Blumenau, 1996.

TEIXEIRA, J. D. F. **O que é Inteligência Artificial**. [S.l.]: Editora Brasiliense, 1990. 77 p

VETTORAZZI, C.A. **Técnicas de Geoprocessamento no Monitoramento de Áreas Florestadas**. Piracicaba, São Paulo, 2019