

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RICARDO FREDDO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA WEB NO PROCESSO DE
SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS**

**Itaqui
2017**

RICARDO FREDDO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA WEB NO PROCESSO DE
SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Cristiano Galafassi

**Itaqui
2017**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

F852d Freddo, Ricardo

Desenvolvimento de uma ferramenta web no processo de
segmentação de imagens / Ricardo Freddo.

31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA,
2017.

"Orientação: Cristiano Galafassi".

1. Agrupamento. 2. ckMeans. 3. Sensoriamento Remoto. I.
Título.

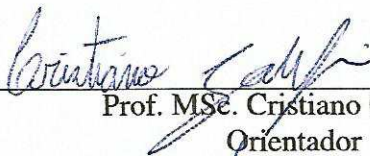
RICARDO FREDDO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA
FERRAMENTA WEB NO PROCESSO DE
SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 19 de junho de 2017.

Banca examinadora:



Prof. MSc. Cristiano Galafassi
Orientador



Prof. Dr. Rogério Rodrigues De Vargas
Universidade Federal do Pampa



Prof. Dr. Charles Quevedo Carpes
Universidade Federal do Pampa

Dedico este trabalho aos meus pais, André Freddo e Teresa Mainardi Freddo, e irmãs, Francine Freddo e Letícia Freddo, por serem o que tenho de mais valioso em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, André e Teresa, pela criação fundamentada na educação, respeito e disciplina. Por serem exemplos em todos os sentidos, principalmente de luta e honestidade. Pelas palavras de motivação, permitindo que continuasse firme em meus objetivos.

As minhas irmãs, Francine e Letícia, pela união, companheirismo e por sempre estarem a disposição para ajudar a superar quaisquer dificuldades.

Ao prof. Cristiano Galafassi, pela amizade e por aceitar orientar este trabalho. Por acreditar em meu potencial, pelos valiosos conselhos e inúmeras explicações.

Ao prof. Rogério Rodrigues de Vargas, pela amizade, pela ajuda substancial e conversas positivas, tranquilizando nos momentos mais tumultuados, confiando em minha capacidade.

Aos amigos do 1º Regimento de Cavalaria Mecanizado, que durante todos esses anos relacionando trabalho e estudos, contribuíram para que minha presença nas aulas fosse possível, tornando esse momento realidade.

Aos amigos do Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem (LabSIM), pela companhia e apoio nos vários dias de trabalho.

E principalmente, a Deus, por tornar tudo possível.

“Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”
— Friedrich Nietzsche

RESUMO

O sensoriamento remoto é um conjunto de métodos de captação de informações dos fenômenos e feições terrestres, por meio de sensores, sem contato direto, sendo indispensáveis as metodologias e técnicas de armazenamento, tratamento, análise e interpretação destas informações. Este trabalho detalha um método, disponibilizado por meio de uma ferramenta *online* com interação gráfica cliente/servidor, que decompõe uma imagem de bandas espectrais em um vetor coluna. Mostra-se o modelo matemático formal do algoritmo *Fuzzy ckMeans* e propõem-se o algoritmo *Fuzzy ckMeansImage*. Ainda assim, mostra-se o processo de sobreposição para o agrupamento de uma imagem dado um número de *clusters*. Para validar a proposta aplicou-se o algoritmo em uma imagem capturada por satélite, referente à uma área utilizada para o cultivo do arroz localizada na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul. Resultados do agrupamento são discutidos por um especialista em sensoriamento remoto.

Palavras-chave: Agrupamento, *ckMeans*, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Remote sensing is a set of methods for capturing information from terrestrial phenomena and features through sensors, without direct contact, and the methodologies and techniques for storing, processing, analyzing and interpreting this information are indispensable. This work details a method, available through an online tool with client/server graphical interface, which decomposes an image of spectral bands into a column vector. We show the formal mathematical model of the Fuzzy ckMeans algorithm and we propose the Fuzzy ckMeansImage. Still, we show the overlay process for grouping an image given a number of clusters. In order to validate the proposal, the algorithm was applied to a satellite image, referring to an area used for rice cultivation located on the western border of the state of Rio Grande do Sul. Clustering results are discussed by a specialist in remote sensing.

Keywords: Grouping, ckMeans, Remote Sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 Etapas a serem realizadas para obter o agrupamento no sensoriamento remoto. Fonte: Autor.	18
Figura 5.2 Processo de Pré-processamento. Fonte: Autor.	18
Figura 5.3 Processo de Pós-processamento. Fonte: Autor.	19
Figura 6.1 Esquema de funcionamento da ferramenta <i>online</i> . Fonte: Autor.	23
Figura 6.2 Interface gráfica do site. Fonte: Autor.	24
Figura 7.1 Localização da área de estudo. Fonte: (GASS; VARGAS; GALAFASSI, 2017)	25
Figura 7.2 Imagem original. Fonte: Autor.	26
Figura 7.3 Resultado para $p = 5$. Fonte: Autor.	26
Figura 7.4 Resultado para $p = 6$. Fonte: Autor.	26
Figura 7.5 Resultado para $p = 7$. Fonte: Autor.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVO	15
3.1 Objetivo Geral.....	15
3.2 Objetivos Específicos	15
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
5 ALGORITMO.....	17
5.1 Pré-processamento e Pós-processamento.....	17
5.2 ckMeans	19
5.2.1 Fuzzy ckMeansImage	21
6 METODOLOGIA	23
7 RESULTADOS	25
8 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Agrupar para classificar é uma das habilidades mais básicas do ser humano, sendo que o pensamento de agrupar objetos ou características semelhantes em categorias é algo muito antigo e primitivo. Uma vez que o homem primitivo foi capaz de separar, por exemplo, as plantas venenosas das não venenosas, animais perigosos e os não perigosos, entre outras classificações. Cada definição de grupo gera subgrupos que podem ser rotulados, como no exemplo dos animais, em cães, gatos, cavalos, entre outros (EVERITT et al., 2011).

Segundo (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2006), a análise de grupos divide os dados baseado em similaridades de alguma característica. Esse processo desempenha papel importante em vários campos de atuação, tais como, psicologia e outras ciências sociais, biologia, estatística, reconhecimento de padrões, recuperação de informações, aprendizagem de máquinas e mineração de dados. Na biologia, aplica-se agrupamento de dados para analisar grandes quantidades de informação genética, por exemplo, encontrar grupos de genes com funções semelhantes. Na recuperação de informações utilizam-se técnicas de agrupamento para filtrar e agilizar pesquisas na internet, se realizada uma pesquisa por filmes, por exemplo, pode-se retornar páginas agrupadas em categorias, como suspense, terror, humor, entre outros, podendo ainda ser dividida em subcategorias, hierarquizando a pesquisa e facilitando a utilização. Para entender o clima também é necessário reconhecer padrões na atmosfera e nos oceanos, tais como, pressão atmosférica em dadas regiões e áreas oceânicas com maior impacto no clima. Na psicologia e na medicina, as doenças ou condições com muita frequência apresentam número de variações, a análise de grupos pode ser utilizada para identificar essas duas subcategorias, podendo ainda ser usada nessas áreas para identificar padrões na distribuição espacial e temporal de doenças. Para aplicações no meio empresarial, o agrupamento de dados pode ser usado para separar os clientes em subgrupos, permitindo realizar análises adicionais e de *marketing*.

Outra importante aplicação do agrupamento de dados está centrada no processamento de imagens, onde sua aplicação foi iniciada na década de 60 pela Agência Espacial Norte Americana (NASA). Posteriormente, surgindo muitas áreas que necessitassem da aplicação do processamento de imagens, tais como, a medicina, a microscopia, a meteorologia, o televisionamento e a indústria (GONZALEZ; WOODS, 2008). O processamento de imagens digitais é uma área de recente crescimento e que se destaca

pelas suas várias aplicações, dentre elas a área do processamento de imagens aplicada no sensoriamento remoto.

Segundo (NOVO, 1993), o sensoriamento remoto é caracterizado por um conjunto de atividades que torna possível a obtenção de informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem que seja necessário o contato direto com o local desejado. Tem como principal objetivo obter informações e codificá-las em tabelas, gráficos ou mapas, tornando a leitura dessas informações mais simples. Em outras palavras, o processamento de imagens aplicado ao sensoriamento remoto procura melhorar o aspecto visual da imagem, proporcionando maior facilidade no reconhecimento de padrões e posterior retirada de informações da imagem processada (MENEZES; ALMEIDA, 2012). Os mesmos autores ressaltam em seu trabalho que a obtenção das informações de sensoriamento remoto necessita de métodos e análises claras e lógicas para que possam ser aplicados a qualquer produto, tornando possível a análise de diferentes dados por diferentes profissionais.

De acordo com (ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2002), processar uma imagem é um método de transformações sucessivas para que se obtenham informações presentes nela com maior facilidade. O processamento de imagens está dividido em três categorias, que são o realce de imagens (melhora a visualização das imagens), restauração de imagens (objetiva reconstruir imagens danificadas) e análise de imagens (extrair informações das imagens). Geralmente é preciso unir estas três categorias para que um resultado de qualidade seja obtido (BOTELHO, 2007). Na última etapa do processamento de imagens, a análise da imagem, ocorre a busca de detalhes que formem padrões, dando rótulo à imagem.

Para a realização do processamento das imagens existem *softwares* comerciais como o ENVI (ENVI, 2017), TerrSet (TERRSET, 2017) e Erdas (ERDAS, 2017), tendo aplicação na visualização, exploração, análise e apresentação de dados na área do Sensoriamento Remoto/SIG. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são sistemas computacionais que permitem armazenamento, integração, manipulação, análise e exibição de praticamente todas as informações espaciais do ambiente (GHILANI; WOLF, 2013). Contudo, são programas proprietários que exigem compra de licença e posterior instalação. Além desses, existem programas gratuitos para o mesmo fim, como no caso do Spring (SPRING, 2017). O Spring é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta de banco de dados espaciais. Apesar de ser gratuito, esse programa requer um processo de cadastramento no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para que a aquisição seja possível por

meio de *download*, necessitando também de posterior instalação pelo usuário.

O restante do trabalho está dividido no que segue. O capítulo 2 apresenta a justificativa para a realização do trabalho. O capítulo 3 mostra os objetivos gerais e os objetivos específicos. O capítulo 4 mostra os trabalhos relacionados com área de estudo. O capítulo 5, o algoritmo proposto. O capítulo 6, traz a metodologia aplicada. O capítulo 7 mostra os resultados e por fim, no último capítulo, são apresentadas as conclusões.

2 JUSTIFICATIVA

Com a existência de sensores imageadores capturando praticamente tudo na superfície terrestre (por meio de satélites, aviões, VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado)), o processamento de imagens se torna uma prática de boa aceitação de uso em diversas áreas, uma delas o sensoriamento remoto. Além disso, o INPE disponibiliza no Brasil imagens de satélites para *download*, de forma gratuita. De todo modo, essas imagens obtidas precisam ser processadas e analisadas.

Existem ferramentas proprietárias e ferramentas gratuitas que fazem o processamento dessas imagens obtidas por satélites ou VANT, porém, apresentam alguma dificuldade para que sejam colocadas em funcionamento pelo usuário. As ferramentas gratuitas necessitam de cadastro em sites que a fornecem, *download*, instalação pelo usuário e, ainda, dependem do sistema operacional utilizado. Enquanto para a aquisição das ferramentas proprietárias, é preciso que seja efetuada a compra de licença, trazendo gasto financeiro. Desse modo, viu-se a importância e a necessidade de se disponibilizar uma ferramenta gratuita, livre e de fácil acesso (via WEB), que desperte o interesse de profissionais de várias áreas que possam utilizar os serviços de segmentação de imagens.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo desenvolver e disponibilizar uma ferramenta para agrupamento de dados em formato de imagens que possuam três bandas espectrais, correspondente ao RGB da imagem (*Red, Green e Blue*). Esta ferramenta é disponibilizada de forma gratuita e de fácil uso, para que possa ser utilizada em instituições de ensino, por profissionais da área de sensoriamento remoto e demais interessados.

3.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos podemos citar:

- Desenvolvimento de uma plataforma WEB para servir de interface ao usuário;
- Reescrever os algoritmos de Pré-processamento e Pós-processamento em linguagem C++;
- Desenvolver o algoritmo ckMeansImage, combinando os algoritmos de Pré-processamento, ckMeans e Pós-processamento;
- Integrar o algoritmo a interface gráfica (plataforma WEB).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A extração das informações de sensoriamento remoto demanda métodos e análises claras e lógicas para que possam ser aplicados a qualquer produto (MENEZES; ALMEIDA, 2012). Uma das ferramentas de análise é a classificação que pode ser compreendida como uma técnica de reconhecimento de padrões representados em uma imagem multiespectral, através do agrupamento de *pixels* de forma que *pixels* semelhantes pertençam ao mesmo *cluster* (MELGANI; HASHEMY; TAHA, 2000).

Zadeh em (ZADEH, 1965) concluiu em seu trabalho que a lógica *fuzzy* torna-se a mais adequada quando é necessário trabalhar com informações que apresentam possíveis ambiguidades ou imprecisões. Assim, é possível notar o potencial dessa metodologia para ser aplicada no âmbito do sensoriamento remoto.

No trabalho de (VARGAS; BEDREGAL; DIMURO, 2014) aplicou-se um algoritmo *fuzzy* no processo de segmentação de imagens em que o caso de estudo foram imagens médicas, no qual resultados preliminares foram discutidos. Entretanto, estudos referentes de como deu-se a conversão na leitura e na saída da imagem não foram detalhados.

Em trabalhos como (SOUSA et al., 2008), (SHEN et al., 2015) e (OLDELAND et al., 2010) os autores trabalham com o algoritmo Fuzzy C-Means aplicado ao sensoriamento remoto. Contudo, (VARGAS; BEDREGAL, 2010) argumentam que o algoritmo *ckMeans* é mais rápido que o algoritmo Fuzzy C-Means. Nesse trabalho, aplicou-se o algoritmo *ckMeans* também na área de sensoriamento remoto.

Neste contexto, este trabalho aplica o algoritmo Fuzzy *ckMeansImage*, adaptado de (VARGAS; BEDREGAL, 2010), a uma imagem multiespectral com o objetivo de avaliar os mapas temáticos digitais gerados, bem como, ressaltar a potencialidade do método no campo do sensoriamento remoto. Entretanto, para executar uma imagem no algoritmo *ckMeans* torna-se necessário adaptar a imagem em um formato de que o algoritmo possa executá-lo. Então nesse trabalho é proposto, de forma detalhada, como se dá a decomposição de uma imagem em bandas espectrais para ser executado no algoritmo *ckMeans* e como se dá a sobreposição da imagem em bandas gerando a imagem resultante (algoritmo Fuzzy *ckMeansImage*).

5 ALGORITMO

Esta seção aborda a sintetização do funcionamento dos algoritmos que compõe a ferramenta WEB. Apresentando na seção 5.1 o comportamento dos algoritmos de Pré-processamento e Pós-processamento, e na seção 5.2 o comportamento do algoritmo ckMeans.

5.1 Pré-processamento e Pós-processamento

Inicialmente as etapas de Pré e Pós processamento eram realizados através de *scripts* desenvolvidos em linguagem Octave (OCTAVE, 2017), que demandavam atividades manuais em excesso. Como melhoria em relação ao funcionamento inicial da tarefa de processamento da imagem, para este trabalho foi realizado a reescrita dos algoritmos de Pré-processamento e Pós-processamento na linguagem computacional C++. Para tanto, foi necessário a instalação de uma biblioteca adicional para tratamento de imagens. A biblioteca que melhor se adequou para a aplicação foi a OpenCV, disponível gratuitamente para *download* e servindo tanto para uso acadêmico quanto para uso comercial. Vale ressaltar que a biblioteca tem suporte para uso em várias linguagens computacionais, inclusive C++, suportando sistemas operacionais como Windows, Linux, Mac OS, iOS e Android (OPENCV, 2017).

O algoritmo para agrupamento de uma imagem é realizado com base no esquema conforme é mostrado na Figura 5.1. Os processos desde a leitura da imagem (Pré-processamento) até a imagem resultante (Pós-processamento), segue os seguintes passos:

1. Leitura da imagem;
2. A etapa de Pré-processamento da imagem consiste em transformar uma matriz tridimensional de *pixels* em um vetor coluna S , conforme mostrado na Figura 5.2. Uma vez que o algoritmo ckMeans retorna uma matriz na qual cada linha possui o grau de pertinência do pixel aos *clusters*, faz-se necessário converter a matriz de pixels em um vetor coluna. Sendo assim, deve-se montar a imagem para tornar possível a interpretação dos padrões obtidos pelo algoritmo de agrupamento;
3. Executa-se o algoritmo ckMeans conforme será descrito na seção 5.2;
4. A matriz de grau de pertinência (denominada matriz C) é gerada;
5. O algoritmo de Pós-processamento recebe a matriz C e verifica a qual *cluster* o

Figura 5.1: Etapas a serem realizadas para obter o agrupamento no sensoriamento remoto. Fonte: Autor.

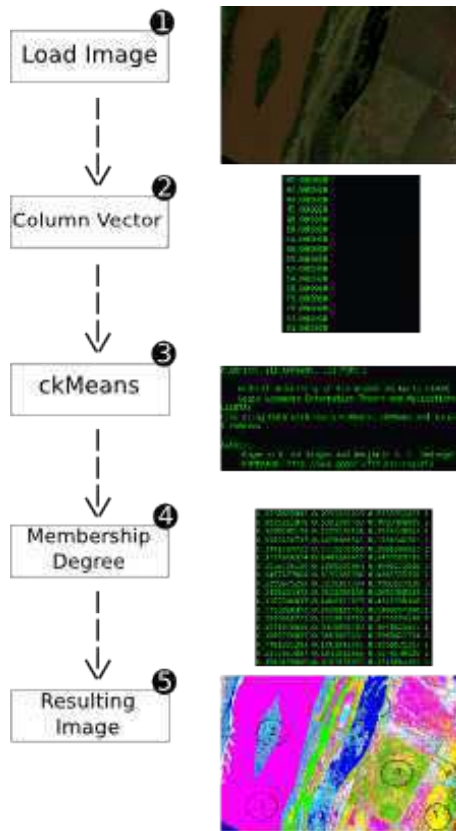
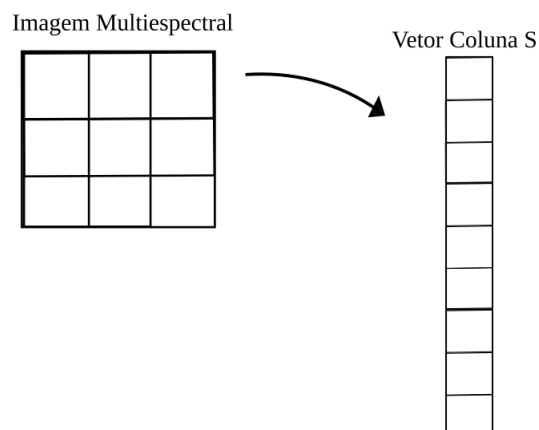


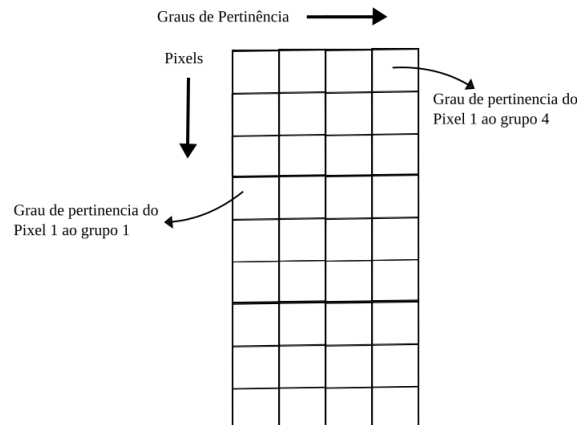
Figura 5.2: Processo de Pré-processamento. Fonte: Autor.



pixel tem maior grau de pertinência. Os passos do algoritmo são descritos abaixo:

1. Para cada *pixel* identifica-se o *cluster* com maior grau de pertinência;
2. Cria-se uma nova matriz atribuindo a cor correspondente ao *cluster* de cada *pixel*;
3. Gera uma imagem com base na nova matriz.

Figura 5.3: Processo de Pós-processamento. Fonte: Autor.



5.2 ckMeans

O objetivo do algoritmo é dividir o conjunto $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ de n dados em p clusters, μ_{ij} é o grau de pertinência da amostra x_i ao j -ésimo cluster e o resultado do agrupamento é expresso pelos graus de pertinência na matriz μ .

O algoritmo ckMeans busca encontrar conjuntos nos dados, minimizando a função objetivo mostrada na Equação (5.1):

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \mu_{ij}^m d(x_i; c_j)^2 \quad (5.1)$$

onde:

- n é o número de dados;
- p é o número de clusters considerados no algoritmo o qual deve ser decidido antes da execução;
- $m > 1$ é o parâmetro da fuzzificação;
- x_i um vetor de dados de treinamento, onde $i = 1, 2, \dots, n$. Cada posição no vetor representa um atributo do dado;
- c_j é o centro de um agrupamento fuzzy ($j = 1, 2, \dots, p$);
- $d(x_i; c_j)$ é a distância.

A seguir mostra-se os passos do algoritmo ckMeans que possui como entrada os dados n , o número de clusters p e o valor de fuzzificação m . Os passos são:

1. Inicialize μ com um valor aleatório contínuo entre zero (nenhuma pertinência) e

um (pertinência total), onde a soma das pertinências deve ser um;

2. Calcule o centro do *cluster* j da seguinte maneira: Cria-se uma nova matriz μ , chamada de μCrisp contendo valores 1 ou 0. Cada linha dessa nova matriz tem 1 na posição do maior valor dessa linha na matriz μ e zero nas demais posições da linha. Quando uma coluna da matriz μCrisp , for toda com zeros, é atribuído o valor 1 na posição que corresponde ao maior valor dessa mesma coluna na matriz μ . O algoritmo `ckMeans` retorna uma matriz μCrisp com valores em $\{0, 1\}$ conforme é mostrado na Equação (5.2). Ou seja, μCrisp é a matriz enquanto μCrisp_{ij} é o conteúdo dessa matriz na posição (ij) .

$$\mu\text{Crisp}_{ij} = \max \left(\left\lfloor \frac{\mu_{ij}}{\max_{l=1}^p \mu_{il}} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{\mu_{ij}}{\max_{l=1}^n \mu_{lj}} \right\rfloor \right) \quad (5.2)$$

O primeiro argumento do *max* tem que cada dado tenha o valor 1 no *clusters* ao qual pertence com maior grau de pertinência e grau de pertinência zero nos demais. O segundo argumento tem por objetivo que o maior grau de cada coluna (*clusters*) seja 1. Para assim garantir que todo *cluster* tenha pelo menos um elemento. Dessa forma, em raras ocasiões, pode acontecer que uma linha tenha mais de uma valor 1 (o que não ocorre no algoritmo k-means original), mas como esta matriz é apenas auxiliar, não ocasionará qualquer transtorno.

Os passos do algoritmo para calcular o μCrisp_{ij} é realizado da seguinte forma:

1. Leia μ ;
2. Em cada linha encontrar o maior valor da matriz μ e atribuir 1 a essa mesma posição em μCrisp e zero nas restantes;
3. Armazenar em um vetor a quantidade de 1's que cada coluna de μCrisp possui.

Se uma coluna não tiver 1's marque sumariamente com 1 a posição onde está o maior valor. Após calculada a matriz μCrisp calculam-se os novos centros dos *clusters* conforme a Equação (5.3).

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu\text{Crisp}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \mu\text{Crisp}_{ij}} \quad (5.3)$$

O c_j é calculado pelo somatório dos dados que pertencem ao *cluster* (de forma

crisp) e dividido pela quantidade de objetos classificados como 1 na matriz μ_{Crisp} deste *cluster*.

4. Calcule um valor inicial para J usando a Equação (5.1);
5. Calcule a tabela da função de pertinência *fuzzy* μ conforme mostrado na Equação (5.4)

$$\mu_{ij} = \frac{\left(\frac{1}{d(x_i; c_j)}\right)^{\frac{2}{m-1}}}{\sum_{k=1}^p \left(\frac{1}{d(x_i; c_k)}\right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (5.4)$$

6. Retornar a etapa 2 até que uma condição de parada seja alcançada.

Condição de parada:

- O usuário informa um valor de parada $\varepsilon > 0$, e se

$$d(J_U; J_A) \leq \varepsilon$$

então para, onde J_A é a função objetivo (Equação (5.1)) calculada na iteração anterior e J_U é a função objetivo da última iteração.

5.2.1 Fuzzy ckMeansImage

O algoritmo Fuzzy ckMeansImage engloba os algoritmos de Pré-processamento, ckMeans e Pós-processamento, conforme descritos nas seções 5.1 e 5.2. O pseudocódigo do algoritmo Fuzzy ckMeansImage é mostrado no Algoritmo 1.

Como pode ser visto os parâmetros de entrada são a imagem que se deseja processar, o número de *clusters*, o valor de fuzzificação (*value fuzziness*) e o critério de parada (epsilon). O resultado de saída é a imagem processada.

Algorithm 1: FUZZY CKMEANSIMAGE

Input: Parameters: *image*, *clusters*, *value fuzziness* and *epsilon*

Output: Processed image

```

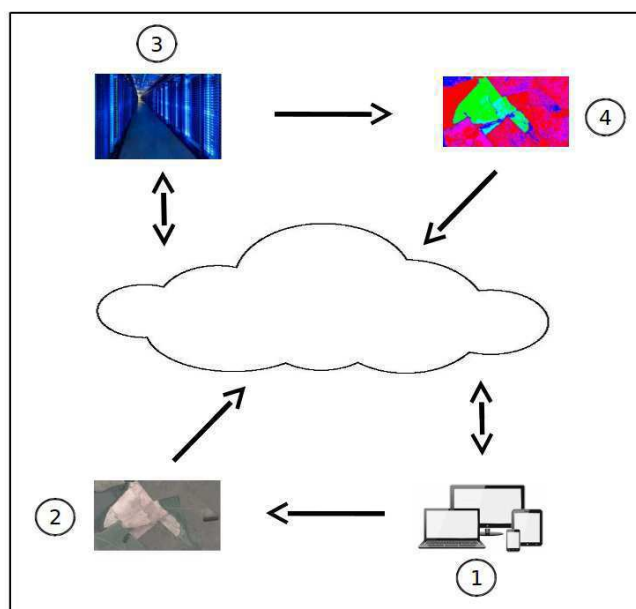
1  $X_i = \text{PreProcessing}(image)$ 
2  $M_{ij} = \text{Initialize\_Randon\_Matrix}(X_i, clusters)$ 
3  $C_j = \text{Compute\_Controid}(clusters, X_i, M_{ij})$ 
4 while ( $Last\_Diff - Diff \geq epsilon$ ) do
5    $Last\_M_{ij} = M_{ij}$ 
6    $Last\_Diff = Diff$ 
7    $M_{ij} = \text{updateMij}(clusters, C_j, X_i, M_{ij}, value\ fuzziness)$ 
8    $C_j = \text{Compute\_Controid}(clusters, X_i, Last\_M_{ij} = M_{ij})$ 
9    $Diff = \text{Update\_Stopping\_Criterion}(Last\_M_{ij}, M_{ij})$ 
10  $New\_Image = \text{PostProcessing}(M_{ij})$ 
11 return  $New\_Image$ 

```

6 METODOLOGIA

Para a aplicação do algoritmo Fuzzy ckMeansImage citado no capítulo 5, foi desenvolvida uma ferramenta WEB, ou seja, o algoritmo possui uma interface gráfica a partir do site. A ferramenta funciona partindo do princípio onde uma das partes é o cliente e outra o servidor. Segundo (CURTI, 2004), cliente/servidor é um modelo onde ocorre troca de serviços, gerenciados por um provedor de acessos, em que o acesso dos dados pelo usuário se dá por uma interface gráfica. O uso da ferramenta de processamento de imagens se dá através da interface do site, onde o usuário pode acessá-lo e então fazer o envio da imagem e selecionar os parâmetros com os quais o algoritmo deve realizar o processamento. A ferramenta é *on-line* e de livre acesso, não necessitando de cadastro prévio. Durante o processo a imagem é enviada para o servidor onde o algoritmo está hospedado, fazendo então o processamento da imagem. Após o processamento, o servidor disponibiliza a imagem pronta para o usuário, bastando apenas fazer o *download* da mesma. A Figura 6.1 apresenta o processo para a utilização da ferramenta e a geração da imagem. Os itens estão descritos abaixo.

Figura 6.1: Esquema de funcionamento da ferramenta *online*. Fonte: Autor.



1. Acesso da ferramenta através do dispositivo multimídia.
2. Imagem original que o usuário escolheu.
3. Servidor, onde encontra-se o algoritmo que irá processar a imagem.
4. Imagem processada, onde, a partir deste ponto ela será retornada para o usuário.

Na atual versão do algoritmo em (VARGAS; BEDREGAL; DIMURO, 2014) é possível executar apenas um parâmetro por vez, caso o usuário queira executar diversas inicializações (aleatórias) e alterar os parâmetros, é necessário executar o algoritmo diversas vezes. A grande idealização desta ferramenta WEB é de não haver a necessidade de instalação de nenhum programa específico. No final de todo processo, acessando o link de *downloads* é possível obter a imagem processada.

Observando a Figura 6.2, o usuário deverá preencher a priori os seguintes dados:

1. Selecionar a imagem a ser processada;
2. Definir a quantidade de *clusters*;
3. Informar o parâmetro fuzziness;
4. Selecionar o critério de parada definido por ϵ (Epsilon).

Após selecionar a imagem, os parâmetros e o critério de parada, basta apenas o usuário clicar no botão *Run* e aguardar, a imagem já estará sendo processada. Quando o processamento for concluído a imagem aparecerá em uma lista que pode ser visualizada ao acessar o link *downloads*, tendo como nome a data e hora em que foi finalizado o processamento, restando apenas fazer o *downloads* para finalizar a tarefa. A ferramenta WEB pode ser acessada pelo seguinte link <http://labsim.unipampa.edu.br/>.

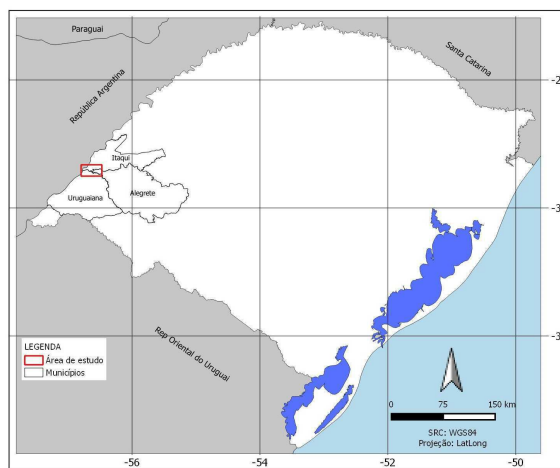
Figura 6.2: Interface gráfica do site. Fonte: Autor.



7 RESULTADOS

A fronteira oeste do Rio Grande do Sul (Figura 7.1) concentra as duas cidades de maior produção de arroz do Brasil (IRGA, 2016), onde muitas pesquisas tem se realizado. Distinguir suas áreas em grupos para uma possível medição ou até mesmo verificar novas áreas de cultivo é muito importante para o produtor rural.

Figura 7.1: Localização da área de estudo. Fonte: (GASS; VARGAS; GALAFASSI, 2017)



O experimento que será discutido teve em sua primeira etapa uma análise realizada por um agrupamento da imagem, os resultados são apresentados a seguir. Obteve-se a imagem (veja Figura 7.2) a ser processada através do Google Earth[®], que disponibiliza imagens de alta resolução espacial (50 cm), o que facilita o reconhecimento de padrões. A imagem é datada do dia 14 de agosto de 2015, possui dimensão de 968x532x3 pixels cujas as coordenadas aproximadas via GPS do centroide da imagem são 29°11'09.6''S e 56°25'15.8''W.

A partir da imagem enviada pelo usuário, o site retorna uma imagem processada, conforme as Figuras 7.2 (objeto de estudo no trabalho de (VARGAS et al., 2016)) e 7.3. Executou-se o algoritmo Fuzzy ckMeansImage em um computador com sistema operacional GNU Linux, distribuição Ubuntu 14.04, com 4 GB de memória ram, processador Core i5, 2.50 Ghz.

A Figura 7.2 apresenta claramente as áreas de cultivo com arroz irrigado e pastagem natural predominantes na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, podendo-se destacar o processo de preparo do solo para implantação da cultura (arroz irrigado), áreas com a cultura já implantada (em fase de desenvolvimento vegetativo). Observa-se também, reservatório de água utilizado para irrigação da cultura, bem como as áreas com

Figura 7.2: Imagem original. Fonte: Autor.



pastagem natural, destinadas a pecuária extensiva, juntamente com bosques de eucalipto que servem como abrigo aos animais e fonte de madeira para uso na propriedade.

Os parâmetros de entrada do algoritmo Fuzzy ckMeansImage foram: $\varepsilon = 0,001$, $p = 5$, $p = 6$ e $p = 7$ (*clusters*) e $m = 1,50$ (fuzzificação) por serem os valores mais usuais (COX, 2005).

Figura 7.3: Resultado para $p = 5$. Fonte: Autor.

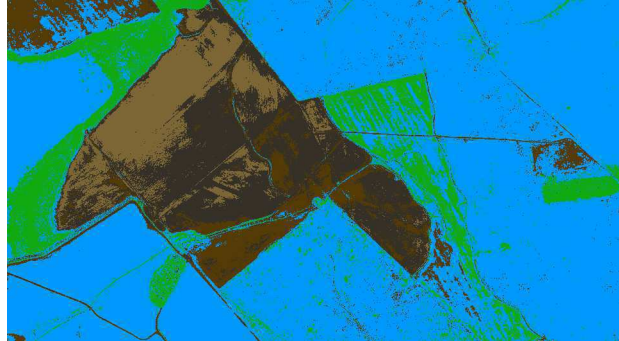


Figura 7.4: Resultado para $p = 6$. Fonte: Autor.

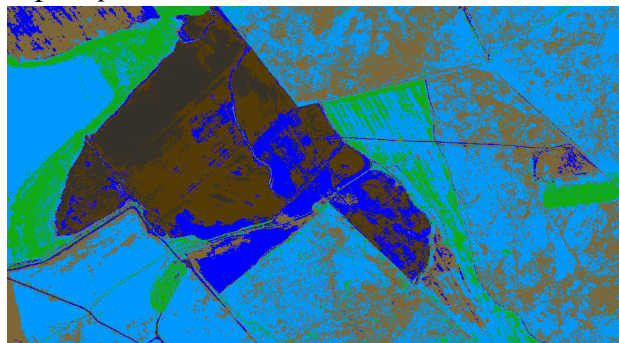
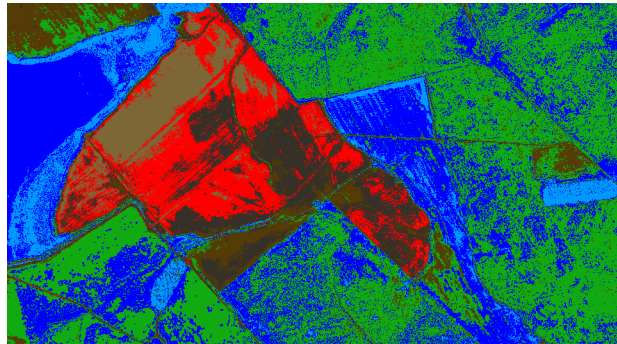


Figura 7.5: Resultado para $p = 7$. Fonte: Autor.



As Figuras 7.3, 7.4 e 7.5 mostram as segmentações das imagens obtidas com o algoritmo Fuzzy ckMeansImage com o número de *clusters* variando em $p = 5$, $p = 6$ e $p = 7$.

Efetuada a análise, é possível verificar que as imagens geradas com o parâmetro p variando com valores de 5, 6 e 7 *clusters* apresentam diferença no grau de detalhes provenientes exatamente pelo número de *clusters*, no entanto, apenas a figura 7.3 será detalhada.

Através da análise de um especialista, pode-se classificar os *clusters* da seguinte forma para a Figura 7.3:

1. Cor *Azul Claro*: Área do reservatório de água usada para irrigação da lavoura de arroz. A coloração azul claro ainda recobre as áreas de arroz irrigado, onde percebe-se claramente o início da irrigação que se dá por inundação, destacando o restante da área não irrigada que apresenta a cultura implantada ainda sem a irrigação. O vermelho ainda nos remete a observar dentro de áreas conhecidas, pontos de maior umidade do solo, ferramenta esta de extrema importância no manejo agrícola;
2. Cor *Verde*: Essa cor representa as áreas com pastagem natural destinadas a pecuária, porém não foi possível distinguir das áreas de arroz irrigado no início do desenvolvimento vegetativo devido a semelhança na altura e arquitetura de plantas bem como pelo predomínio quase absoluto de gramíneas;
3. Cor *Marron Claro*: A coloração marron claro remete a uma área de solo mobilizado no sistema de preparo convencional, manejo este amplamente adotado na lavoura orizícola. Observa-se a mudança nas tonalidades das cores do marron claro para o argila e marron escuro dentro da área com solo mobilizado. Isso permite inferir sobre a textura do solo, onde o marron claro representa um solo de textura mais arenosa, o argila solo de textura média e o aqua textura argilosa e possivelmente maior teor de matéria orgânica. Nas extremidades da imagem aparecem

as colorações argila e marron escuro, demonstrando solo exposto com pouca ou nenhuma vegetação. Torna-se interessante como mecanismo para análise a partir de um conhecimento prévio da área e da vegetação ou cultura implantada, por exemplo, falhas de semeadura ou plantio bem como degradação de pastagens oriunda de um pastoreio intensivo, permitindo realizar intervenções em etapas posteriores;

4. Cor *Argila*: Áreas com solo mobilizado e exposto com textura argilosa com possíveis teores de matéria orgânica ou parcialmente exposto demonstrando falhas de semeadura ou áreas de pastagens degradadas;
5. Cor *Marron Escuro*: Solo mobilizado e exposto de textura intermediária.

8 CONCLUSÕES

A análise de grupos, em muitos casos, não é um processo realizado em apenas uma execução, dado a estocasticidade dos métodos. Em muitas circunstâncias, é necessário uma série de tentativas, repetições e experimentações, uma vez que não há um critério universal e efetivo para guiar a seleção de atributos de algoritmos de agrupamentos. Em geral, critérios de validação provêm impressões sobre a qualidade dos *clusters*, mas como escolher este mesmo critério é ainda um problema que requer mais esforços (CAVALCANTI, 2006).

Este trabalho propôs o uso do algoritmo Fuzzy ckMeansImage, por meio de uma interface gráfica (plataforma WEB), no processo de segmentação de imagens com uma aplicação no sensoriamento remoto. Os resultados se mostram satisfatórios por separar as imagens em grupos (distinguindo através de cores), os quais foram analisados por um especialista da área. A partir do conhecimento da área e da vegetação ou cultura, pode ser utilizado como excelente ferramenta de auxílio na identificação de falhas e problemas no manejo das propriedades rurais, dando-se também aplicabilidade prática do modelo.

A ferramenta WEB desenvolvida permite que o usuário final execute o algoritmo sem a necessidade de instalar nenhum programa, isso por ser executado via WEB. O tempo de convergência de cada iteração de uma imagem, por exemplo, uma imagem 2D com 1 milhão de *pixels*, dura em torno de 20 minutos. Assim, a partir desse novo método, as imagens ficam disponíveis para *download* na WEB.

Por fim, como trabalhos futuros, ressalta-se a necessidade de um cadastro de usuários para a ferramenta WEB de forma que cada usuário tenha acesso somente às suas imagens. Ainda, pode ser implementado uma função de classificação de *pixels* com grau de pertinência duvidoso, atribuindo uma cor padrão para diferenciar do restante do agrupamento.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. de; ALBUQUERQUE, M. P. de. **Processamento de imagens: Métodos e análises**. 2002.

BOTELHO, G. M. **Processamento de Imagens no Auxílio à Detecção de Câncer de Pele utilizando Redes Neurais Artificiais**. São Paulo: [s.n.], 2007.

CAVALCANTI, J. **Clusterização Baseada em Algoritmos Fuzzy**. Dissertation (Masters Thesis) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

COX, E. (Ed.). **Fuzzy modeling and genetic algorithms for data mining and exploration**. San Francisco, United States of America: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2005.

CURTI, J. C. **Análise de segurança em aplicações que utilizam plataformas UNIX e MS-Windows como Clientes e Servidores**. 154 p. Dissertation (Masters Thesis) — Universidade Federal de Campinas, São Paulo, August 2004.

ENVI. 2017. Available from Internet: <<http://www.envi.com.br/>>.

ERDAS. **ERDAS IMAGINE**. 2017. Available from Internet: <<http://www.hexagongeo.com/products/power-portfolio/erdas-imagine/>>.

EVERITT, B. S. et al. (Ed.). **Cluster analysis**. London: Wiley, 2011.

GASS, S. B.; VARGAS, R.; GALAFASSI, C. Comparativo entre os algoritmos k-means e ck means para mapeamento automatizado de uso do solo. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, São Paulo, Brasil, 2017.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. (Ed.). **Geomática**. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 2013.

GONZALEZ, R.; WOODS, R. (Ed.). **Digital Image Processing**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2008.

IRGA. **Colheita do arroz se aproxima do final no Estado**. 2016. Available from Internet: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6315/colheita-do-arroz-se-aproxima-do-final-no-estado>>.

MELGANI, F.; HASHEMY, B. A.; TAHA, S. An explicit fuzzy supervised classification method for multispectral remote sensing images. *geoscience and remote sensing*. **IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING**, v. 38, n. 1, p. 287–295, 2000.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. D. (Ed.). **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: [s.n.], 2012.

NOVO, E. M. (Ed.). **Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1993.

OCTAVE. **GNU Octave Scientific Programming Language**. 2017. Available from Internet: <<https://www.gnu.org/software/octave/>>.

OLDELAND, J. et al. Combining vegetation indices, constrained ordination and fuzzy classification for mapping seminatural vegetation units from hyperspectral imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 1155–1166, 2010.

OPENCV. **Open Source Computer Vision Library**. 2017. Available from Internet: <<http://opencv.org/>>.

SHEN, Q. et al. Classification of several optically complex waters in china using in situ remote sensing reflectance. **Remote Sens.**, 2015.

SOUSA, F. M. et al. Identification of upwelling areas on sea surface temperature images using fuzzy clustering. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, 2008.

SPRING. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. 2017. Available from Internet: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>.

TAN, P.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. (Ed.). **Introduction To Data Mining**. [S.l.]: Addison Wesley, 2006.

TERRSET. **TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling Software**. 2017. Available from Internet: <<https://clarklabs.org/terrset/>>.

VARGAS, R. de et al. Algoritmo ckmeans aplicado ao sensoriamento remoto. In: **XXXVI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional**. São Carlos, São Paulo, Brasil: [s.n.], 2016. p. 1–6.

VARGAS, R. R. de; BEDREGAL, B. R. C. A comparative study between fuzzy c-means and ckmeans algorithms. In: **Proc. Conf. North American Fuzzy Information Processing Society**. Toronto, Canada: [s.n.], 2010.

VARGAS, R. R. de; BEDREGAL, B. R. C.; DIMURO, G. Using ckmeans algorithm in image segmentation process: Preliminary results on mammography analysis. In: **Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional**. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil: [s.n.], 2014.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965.