

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA
LAVOURA DE ARROZ ATRAVÉS DE PARÂMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Paulo César Pazdiora

**Itaqui, RS, Brasil
2012**

PAULO CÉSAR PAZDIORA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA LAVOURA DE
ARROZ ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DE
SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Nelson Mario Victoria Bariani

Itaqui, RS, Brasil
2012

PAULO CÉSAR PAZDIORA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA LAVOURA DE
ARROZ ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DE
SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 09 de novembro de
2012.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Nelson Mario Victoria Bariani
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Eloir Missio
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

Aos meus pais Clóvis e Elena Pazdiora, pelo apoio nas horas difíceis e também pelo apoio financeiro;

Aos meus Irmãos Vânia e Gerson pelo companheirismo e pelos momentos de descontração;

À Mauriéli Escobar da Silva, pelo auxílio e também pelo apoio, sempre estando ao meu lado nos melhores e piores momentos em praticamente todo decorrer do curso;

Ao Professor Dr. Nelson Mario Victoria Bariani, pela paciência, troca de ideias e pela orientação para conclusão deste trabalho;

Ao colega Alex Zanella, pelo auxílio na confecção dos mapas e pelo auxílio nas coletas de campo;

À Colega Cassiane de Melo Victoria Bariani, pelo auxílio e trocas de ideias durante o desenvolvimento do trabalho;

Ao laboratorista Roberto Dutra Felice pelo auxílio na calibragem de aparelhos e no levantamento de dados;

À Granja Vizzotto, pela colaboração, cedendo a área para realização do estudo;

Ao grupo UNIGAIA e LABii, pela oportunidade de realização do trabalho e também pelo auxílio prático;

Aos colegas Guilherme Pereira Matzenbaker, Rafael Antonini, Márcio Correia Mendes, Keilor Dornelles, Felipe Griebeler Hendges e Camila Thums pelas piadas, pelas festas e pelas horas de estudo e auxílio em momentos difíceis;

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA LAVOURA DE ARROZ ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO

Autor: Paulo César Pazdiora

Orientador: Nelson Mario Victoria Bariani

Local e data: Itaqui, 09 de outubro de 2012.

O arroz é um cereal amplamente utilizado como base da alimentação da população de diversos países. É cultivado em vários locais do mundo, o Rio Grande do Sul (RS) é a principal responsável pela produção do mesmo no Brasil. A água utilizada para sua produção deve apresentar qualidade possuindo parâmetros de potabilidade. O objetivo do trabalho é realizar uma caracterização morfométrica da área de estudo, uma análise geoestatística incluindo a variação espacial das variáveis físico-químicas da água e a análise do nível de cinza (NC) dos pixels a partir de imagens de satélite e correlacioná-las. O trabalho foi desenvolvido em uma lavoura de 25,5 ha localizada no município de Itaqui, Latitude S 29° 08' 42 e longitude O 56° 31' 05. Foram coletados dados de condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) nos anos agrícolas de 2010/2011 (5 amostragens) e 2011/2012 (4 amostragens), em 3 pontos e 9 pontos respectivamente, incluindo entrada, centro e saída da água da lavoura. Foram utilizadas no trabalho imagens do satélite Landsat 5 e imagens de radar (SRTM). As análises geoestatísticas foram realizadas com o programa Spring. Os mapas criados utilizaram os valores coletados nos diferentes pontos das lavouras, que foram apresentados em duas classes: com potabilidade e sem potabilidade, utilizando os limites estabelecidos na legislação. Também foi realizada uma comparação entre parâmetros físicos químicos e NC dos pixels das imagens de satélite. Foram coletadas informações de NC das imagens nos pontos correspondentes aos pontos de coletas de dados físico-químicos estas informações foram correlacionadas e graficadas. Foi realizada uma caracterização morfométrica da área de estudo, a partir de um mapa de declividade e outro de hipsometria. Concluiu-se que área de estudo possui uma declividade máxima de 4% sendo que cerca de 63% da área possui declividade inferior a 2 %; para hipsometria pode ser observado que dentro da área existe uma diferença de cotas de 12 metros, e durante todo o período do estudo a área apresentou níveis de CE acima de 100 μ S/cm durante o início e o final do ciclo. Nas datas intermediárias a CE apresentou níveis de CE abaixo de 100 μ S/cm. Durante as duas safras avaliadas, a variável de OD manteve-se com áreas superiores a 58% da área de estudo sem potabilidade, que apresentou valores de OD com 5 mg/L ou menos. A partir da comparação entre parâmetros físico-químicos e NC dos pixels conclui-se que a variável de OD apresentou correlação forte com NC e a CE não apresentou correlação.

Palavras-chave: Condutividade elétrica; oxigênio dissolvido; níveis de cinza.

ABSTRACT

EVALUATION OF WATER QUALITY IN A CROP OF RICE BY PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS AND REMOTE SENSING

Author: Paulo César Pazdiora

Advisor: Nelson Mario Victoria Bariani

Data: Itaquí, November 09, 2012.

The rice is widely used as a basic food in many countries. It is cultivated in many parts of the world, being Rio Grande do Sul (RS) in Brazil, the primarily responsible for producing it. The water used in its production must have quality parameters between potability limits. The goal of this work is to perform a morphometric characterization of the study area, a geostatistical analysis including the spatial variation of the physicochemical analysis of water and the gray level (NC) of pixels from satellite images and correlate them. The study was conducted in a crop of 25.5 ha located in the municipality of Itaquí Latitude S 29 ° 08 ' 42" and longitude W 56 ° 31' 05. Data from electrical conductivity (EC) and dissolved oxygen (DO) was collected in the years 2010/2011 (5 samples) and 2011/2012 (4 samples), in 3 points and 9 points respectively, including entry, middle and exit of crop water. Landsat 5 satellite images and radar images (SRTM) were used in the work. The geostatistical analyzes were performed with the aid of the Spring program. The maps created using the values collected at different points of the crops were presented in two classes: with and without water potability, using the limits established by law. We also performed a comparison between chemical and physical parameters of the NC pixels of satellite images. Data from gray level of points corresponding to physicochemical data collections was picked from the satellite images and this information was correlated graphically. We performed a morphometric characterization of the study area by producing a slope map and a level map (hypsoetry). It was concluded that the the area has a slope less than 4% and about 63% of the area has slope less than 2%. From hypsoetry analysis it can be seen that inside the box there is a difference of 12 meters in altitude quota and during the period of the study the area presented EC levels above 100 us / cm at the beginning and end of the cycle. At intermediary dates the EC presented EC levels below 100 us / cm. During the two crop seasons, the variable OD remained without drinkable water level, in areas greater than 58% of the study area, which had values of OD equal or less than 5 mg / l. From the comparison between NC and physicochemical parameters of pixels it is concluded that the variable OD showed strong correlation with NC and EC showed no correlation.

Keywords: Electrical conductivity, dissolved oxygen, levels of gray.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Imagem extraída do Google Earth, apresentando os pontos de coletas de dados, utilizada para o ano agrícola de 2010/2011.....	17
Figura 2.	Imagem extraída do Google Earth, apresentando nove pontos de coleta de amostras, dispostos na forma de grade não linear, dentro da área de estudo. Grade utilizada de referência de coleta, para o ano agrícola de 2011/2012	18
Figura 3.	Mapa de declividade do terreno, apresentando duas classes distintas, sendo elas divididas em classe com declividade inferior a 2% e declividade superior a 2%.....	23
Figura 4.	Mapa de hipsometria confeccionado a partir de imagem SRTM, apresentando seis classes temáticas.....	24
Figura 5.	Mapa temático do dia 16/01/2012 extraído do programa Spring, apresentando duas classes temáticas, onde a classe verde representa valores de condutividade com 100,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mais, e a classe amarela representa classes de condutividade com 100,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou menos.....	25
Figura 6.	Mapa temático do dia 22/12/2010 extraído do programa Spring, apresentando duas classes temáticas, onde a classe verde representa valores de oxigênio dissolvidos com 5,01mg/L ou mais, e a classe amarela representa classe de oxigênio dissolvido com 5,0 mg/L ou menos.....	27
Figura 7.	Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de oxigênio dissolvido obtidos a campo no dia 08 de dezembro de 2010 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 08 de outubro de 2010.....	29
Figura 8.	Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de oxigênio dissolvido obtidos a campo no dia 22 de janeiro de 2011 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 25 de janeiro de 2011.....	30
Figura 9.	Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de condutividade elétrica, obtidos a campo no dia 08 de outubro de 2010 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 08 de outubro de 2010.....	31

Figura 10. Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de condutividade elétrica, obtidos a campo no dia 22 de janeiro de 2011 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 25 de janeiro de 2011..... 31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Tabela de resultados obtidos a partir da medição de cada área do mapa da figura 4, onde são apresentados o valor de cada área em ha para cada classe altimétrica em metros com relação ao elipsóide de referência WGS 84..... 24
- Tabela 2. Tabela com valores de área obtidas a partir da interpretação de nove mapas temáticos diferentes, contendo a área em que valores coletados para condutividade foram maior que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e área em que valores coletados para condutividade foram menores que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 26
- Tabela 3. Tabela com valores de área obtidas a partir da interpretação de nove mapas temáticos diferentes, contendo a área em que valores coletados para oxigênio dissolvido foram maior que 5,01 mg/L e área em que valores coletados para condutividade foram menores que 5,0 mg/L..... 28

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO.....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização morfométrica da área de estudo;.....	19
3.2 Análise geoestatística das informações obtidas a campo	20
3.3 Comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Caracterização morfométrica da área de estudo.....	23
4.2 Análise geoestatística das informações obtidas a campo	25
4.3 Comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite	28
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal amplamente utilizado como base da alimentação da população de diversos países (COPATTI, 2009). No Brasil juntamente com o feijão forma um dos alimentos mais completos em termos nutricionais e de fácil acessibilidade (BRASIL, 2005).

O arroz é cultivado em vários locais do mundo, sendo que a região oeste do Rio Grande do Sul uma das principais responsáveis pela produção do mesmo no Brasil, onde o arroz é cultivado no sistema de irrigação por inundação (EMBRAPA, 2012).

A água utilizada para este fim deve apresentar qualidade possuindo parâmetros de portabilidade, ou seja, não apresentar grandes alterações em suas características químicas, físicas e biológicas, para que todo o sistema seja sustentável, proporcionando ao processo produtivo qualidade no produto final com baixo impacto ambiental (FRANCO, 2008).

O arroz irrigado vem sendo apontado como uma das culturas cujas práticas agrícolas mais causam impacto ambiental (PRIMEL et al, 2005) por empregar em seu cultivo uma grande quantidade de aplicações de agroquímicos e utilizar práticas culturais constantes de revolvimento do solo (MOLOZZI, 2006). Estes agroquímicos são aplicados sobre a lavoura e atingem diretamente a água de irrigação, e são transportados para fora da lavoura alcançando os recursos hídricos, porém tendo uma variação significativa da quantidade atingida que depende da dosagem e características dos produtos, também local de aplicação e condições ambientais no momento da aplicação (COPATTI, 2009).

Tendo em conta as considerações anteriores traçou-se neste trabalho o objetivo de avaliar a qualidade de água do arroz através de um acompanhamento da lavoura por meio de variáveis físico-químicas e através de um processamento estatístico obter resultados que após processados e correlacionados com dados de diferentes fontes proporcionarão um maior nível de compreensão da dinâmica das águas de lavoura.

A partir disso é de grande valia realizar, com base nos resultados obtidos, uma análise geoestatística incluindo a variação espacial das variáveis de qualidade da água e a análise do nível de cinza dos pixels a partir de imagens de satélite e

correlacionar com as variáveis físico-químicas, por fim, realizar a caracterização morfométrica da área de estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O arroz é um dos produtos agrícolas com maior importância econômica, sendo cultivado em todos os continentes (EMBRAPA, 2012). Em termos de importância alimentar o arroz ocupa o segundo lugar sendo superado apenas pelo trigo (PEREIRA et al, 1990). O arroz é considerado como um dos alimentos com bom equilíbrio nutricional, fornecendo cerca de 18% da energia e 8% da proteína necessária ao ser humano a cada 100 gramas do mesmo (EMBRAPA, 2012). Este cereal possui um consumo mundialmente médio de 60 kg/pessoa/ano.

É mais consumido nos países asiáticos onde está concentrada a maior parte da produção mundial, cerca de 90%, apresentando assim um consumo médio de 100 a 150 kg/pessoa/ano. Na América latina o consumo médio fica ao redor de 30 kg/pessoa/ano sendo que no Brasil a média de consumo fica próxima de 45 kg/pessoa/ano (ARROZ IRRIGADO, 2010). Juntamente com o feijão, o arroz é considerado alimento base da maior parte da população brasileira (BRASIL, 2005).

O Brasil atualmente é o nono maior produtor mundial do cereal (MAPA, 2012) que é proveniente do sistema de cultivo de sequeiro e também do sistema irrigado por inundação. O arroz irrigado é cultivado em todas as regiões brasileiras, sendo que a região Sul destaca-se na produção deste cereal, atualmente é responsável por 53% da produção total. Nas demais regiões do país a produção de arroz irrigado possui baixa importância e é considerada pouco significativa (EMBRAPA, 2012).

O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz respondendo por cerca de 61% da produção nacional seguido de Santa Catarina com cerca de 9%. A lavoura arrozeira representa 3% da arrecadação do ICMS e 2,74% do estado gaúcho (ARROZ IRRIGADO, 2010).

Possuindo um índice médio de produção superior a 5 t/ha e em algumas localidades chegando a 7 t/ha (EMBRAPA, 2012) o Rio Grande do Sul, produz arroz em 133 municípios que estão distribuídos na metade sul do estado (MACEDO & MENEZES, 2004), principalmente devido ao relevo, que é considerado plano e suavemente ondulado. Nesta região grande parte do solo é considerado como área de várzea, apresentando grande deficiência na drenagem e com densidade elevada, e uma pequena quantidade macro poros dessa forma apresentando uma alta relação micro/macro poros, aliado a um horizonte sub-superficial com baixa permeabilidade,

o solo desta região torna-se eficiente para o cultivo do arroz irrigado (EMBRAPA, 2012).

O sistema de produção de arroz adotado pelo Rio Grande do Sul deve-se aos fatores edáficos citados acima aliado a uma grande disponibilidade hídrica, o que faz o sistema de irrigação por inundação ser praticado nesta região sem maiores problemas.

A disponibilidade hídrica é o principal fator levado em consideração no cultivo do arroz irrigado, sendo que no Rio Grande do Sul as precipitações médias anuais ficam em torno de 1168 a 2468 mm, porém no estado na região produtora de arroz as precipitações médias não ultrapassam os 1400 mm/ano (ARROZ IRRIGADO, 2010).

Para produzir 1 kg de arroz em casca, através do sistema de irrigação por inundação são necessários aproximadamente 2000 L de água (EMBRAPA, 2012). Na lavoura de arroz irrigado a água é o principal fator limitante no sistema de produção; o volume de água utilizado na lavoura de arroz irrigado por inundação é a soma da quantidade de água para saturar o solo, a quantidade de água necessária para formar lâmina e para repor as perdas de percolação e fluxo lateral além da quantidade perdida por evapotranspiração total. (ARROZ IRRIGADO, 2010)

A qualidade da água é um fator de extrema importância para o uso deste recurso para irrigação do arroz, e esta ligada diretamente com a salinidade e a toxicidade das plantas (EMBRAPA 2012). Para definir a qualidade da água são avaliados uma ou mais características químicas, físicas e biológicas (ARROZ IRRIGADO, 2010).

A condutividade elétrica da água quantifica a capacidade da água conduzir eletricidade, devido a esta água possuir a presença de íons em solução, sendo que estes íons são responsáveis por conduzir a eletricidade; quanto maior a quantidade de íons na água maior serão os valores para condutividade elétrica, (FRANCO, 2008) que são determinados através de um condutímetro de eletrodo.

Os íons presentes em lavouras são, de modo geral, provenientes de duas fontes: 1) a utilização de agroquímicos e 2) os processos de intemperismo.

Os íons presentes na água são oriundos da adição de agroquímicos junto à lavoura ou do processo de intemperismo sofrido pelas rochas, solos, dissolução do calcário, gesso e outros minerais, que após intemperizados podem ser transportados

para a fase líquida do solo, e dessa forma carregadas para os corpos d' água (FRANCO, 2008).

A condutividade elétrica é um bom parâmetro para avaliar modificações e a presença em geral de minerais na água; de um modo geral ambientes que sofreram alterações e apresentam níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são considerados ambientes impactados (CETESB, 2004).

O oxigênio dissolvido (OD) representa a quantidade de oxigênio, proveniente da atmosfera que está dissolvido na água; é expresso em mg/L ou percentagem de saturação. Sua concentração é influenciada diretamente pela temperatura e pressão atmosférica (FIORUCCI & BENDETTI FILHO, 2005). Na atmosfera a quantidade de oxigênio presente fica em torno de 21%; em águas superficiais a 20°C a concentração de saturação de oxigênio dissolvido na água é de 9,2 mg/L, sendo que a sua concentração varia diretamente com a temperatura ambiente. Sendo que o quanto menor a temperatura ambiente aumenta o valor do ponto máximo de saturação de oxigênio na água. (CETESB, 2004).

O oxigênio dissolvido é um dos gases com maior importância para os ecossistemas aquáticos, pelo fato deste participar de vários processos bioquímicos que ocorrem neste meio e também tornar possível a vida de diversas espécies de macro e micro-organismos (FIORUCCI & BENDETTI FILHO, 2005). A principal forma de reintrodução de oxigênio na água é através de aeração a partir do oxigênio presente na atmosfera e também a partir de processos de fotossíntese realizados por algas (CETESB, 2004).

De um modo geral o consumo do oxigênio dissolvido se dá pela respiração dos organismos que habitam o meio aquático estes podendo ser peixes que utilizam o oxigênio para respiração e micro-organismos que utilizam o oxigênio para realizar a decomposição da matéria orgânica (FIORUCCI & BENDETTI FILHO, 2005).

Os micro-organismos, que utilizam o oxigênio dissolvido na água para realizar a respiração, estão divididos basicamente em fitoplâncton e zooplâncton. Os organismos denominados zooplâncton, são aqueles que vivem em ambientes aquáticos, porém não tem capacidade de realizar fotossíntese, já os organismos denominados de fitoplâncton, são aqueles que realizam fotossíntese e vivem dispersos na coluna d' água (CAVALHEIRO 2000).

Locais que recebem grande quantidade de materiais orgânicos, podendo ser lixo, esgoto ou dejetos de forma geral, são locais que apresentarão uma baixa quantidade de oxigênio dissolvido.

A determinação de oxigênio dissolvido vem sendo utilizada para avaliar o grau de poluição de corpos d'água, sendo que a característica mais notável de um corpo d'água poluído com material orgânico é a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados dados físico-químicos de uma lavoura com aproximadamente 25,5 ha localizada no município de Itaquí, Latitude S 29° 08' 42. e longitude O 56° 31' 05. Os dados foram coletados nos anos agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. Foram coletados em ambos os anos agrícolas os dados de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido. No ano agrícola de 2010/2011 os dados foram coletados em três pontos distintos da lavoura (Figura 1).



Figura 1 – Imagem extraída do Google Earth, apresentando os pontos de coletas de dados, utilizada para o ano agrícola de 2010/2011.

Os pontos foram pré-determinados com ferramentas como o Google Earth, e também a partir de mapas de declividade e de hipsometria desta área. Estes pontos foram dispostos na forma de linha onde o ponto número 1, foi determinado de forma que este representasse a água de irrigação, proveniente do arroio Cambai, e as amostras neste ponto representavam a água no momento em que a mesma entrava

na lavoura de arroz. O ponto de número 2 foi pré-determinado da mesma forma que o ponto número 1, porém representando a água no momento em que esta passava pela metade da lavoura. O ponto de número 3 foi pré-determinado da mesma forma que os pontos anteriores, mas este representava a água no estágio final da lavoura, ou seja, a água de drenagem que estava saindo do limite da lavoura. Para o ano agrícola 2011/2012 foram coletados os dados de condutividade elétrica e de oxigênio dissolvido, e foram coletadas também as variáveis de profundidade da lâmina d'água, temperatura da água, e altura de plantas para o arroz. Estas variáveis foram coletadas em nove pontos dispostos em forma de grade não linear espalhados pela lavoura, (Figura 2) sendo que os pontos 01, 02, 03 representavam a água de irrigação, ou seja, a água que entra na lavoura, os pontos 04, 05 e 06 representavam os pontos do centro da lavoura e os pontos 07, 08 e 09 representavam a água de drenagem que saía do limite da lavoura. Os pontos sendo que os pontos de número 02, 05 e 08 correspondiam aos pontos 01, 02 e 03 respectivamente do ano agrícola 2010/2011.

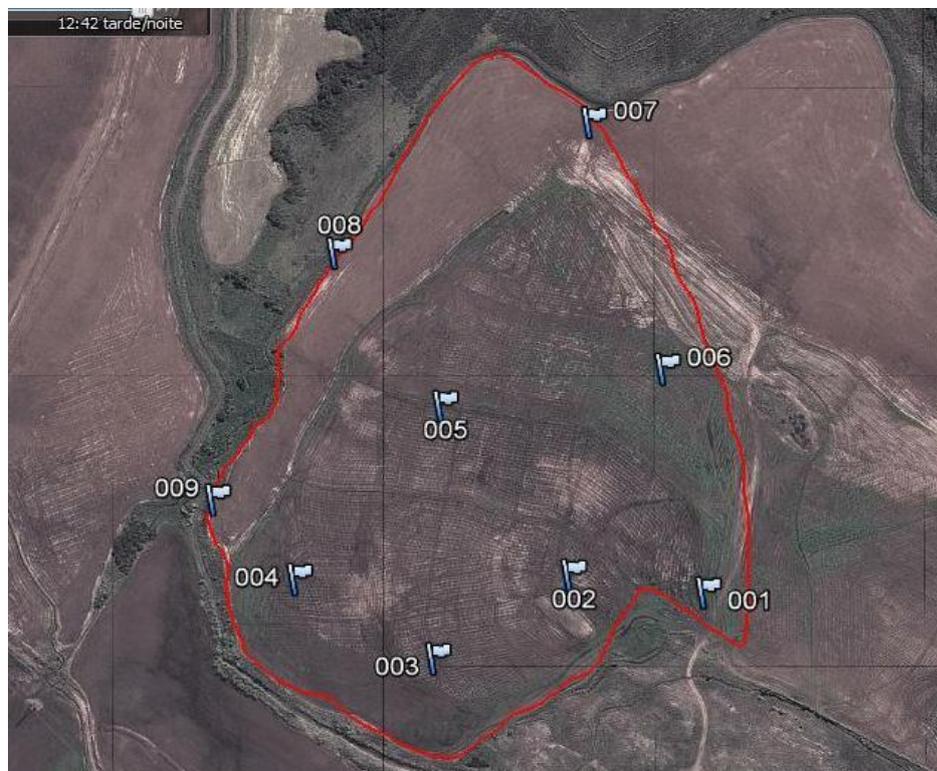


Figura 2 – Imagem extraída do Google Earth, apresentando nove pontos de coleta de amostras, dispostos na forma de grade não linear, dentro da área de estudo. Grade utilizada de referência de coleta, para o ano agrícola de 2011/2012

Todos os dados obtidos a partir das coletas foram organizados em forma de tabelas em planilhas de programas de planilhas eletrônicas, como o Excel (Microsoft) e Calc (Open Office) e ficaram assim disponíveis para seu uso em bancos de dados.

3.1 Caracterização morfométrica da área de estudo;

Para a realização da caracterização de alguns aspectos da morfometria da área de estudo (elevação e declividade), foram utilizadas imagens de radar da missão topográfica da NASA conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) a partir do catálogo de imagens da EMBRAPA. Estas imagens contêm informações sobre a altitude do relevo com relação ao modelo da terra WGS 84 em píxeis de 90 metros de área e com uma resolução vertical de até 1 metro. Foram processadas com o pacote Spring, que possui rotinas de cálculo para obtenção de grades de declividade e hipsometria, para a caracterização morfométrica da área de estudo através de representações cartográficas (mapas).

Para elaboração do mapa de hipsometria foi utilizada a imagem SRTM, sendo que a mesma foi recortada a partir do programa auxiliar Impima, que compõe o pacote Spring. A área selecionada foi processada utilizando degraus de 2 metros de diferença de cotas entre os 12 m de diferença total dos valores máximo e mínimo de altimetria dentro da área de estudo. Desta forma a área foi dividida em seis classes com intervalo de dois metros para cada classe.

Para elaboração do mapa de declividade do terreno, da mesma forma como para a confecção do mapa de hipsometria, foi utilizada uma imagem SRTM, que foi recortada e processada com o pacote Spring e transformada em grade de pontos (modelo digital de elevação), para posterior aplicação do algoritmo de declividade. Devido ao relevo da região possuir características planas, e a área de estudo possuir uma declividade máxima de 4%, foram criadas apenas duas classes, sendo estas de 0% a 2% de declividade e de 2% a 4% de declividade.

3.2 Análise geoestatística das informações obtidas a campo

Para o desenvolvimento de uma análise geoestatística das informações obtidas a campo foram criados mapas temáticos com o programa de uso livre, considerado na categoria Sistema de Informação Geográfica, Spring (CAMARA, 1996). Foram criados mapas do ano agrícola 2010/2011 a partir das variáveis de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido coletados em cinco datas diferentes iniciando nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do arroz, a partir da Introdução da água na lavoura sendo que a ultima coleta foi realizada poucos dias antes da esgotamento da água da lavoura (drenagem). Estas coletas foram realizadas em três pontos dentro da lavoura (Figura 1), sendo eles: Ponto 1, entrada de água na lavoura (irrigação), ponto 2 , ponto localizado no centro da lavoura e ponto 3, água de drenagem da lavoura.

Para o ano agrícola de 2011/2012 foram coletados dados em quatro datas diferentes, sendo estas da fase inicial até a fase final do desenvolvimento da cultura do arroz. Estas coletas foram feitas em nove pontos distintos, sendo que os três primeiros representavam a água de irrigação da lavoura, o segundo conjunto de três pontos representarem a água do centro da lavoura e o terceiro grupo de três pontos representaram a água de drenagem da lavoura.

A partir destas informações, foram criados mapas temáticos com dados de condutividade elétrica, para avaliação das nove coletas de dados realizadas nos dois anos agrícolas, sendo que para o desenvolvimento destes, mapas foram levados em consideração estudos realizados pela CETESB, que indicam que amostras com valores de condutividade abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são consideradas potáveis considerando-se apenas a variável de condutividade, e valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são consideradas não potáveis. A partir disto foram montados os mapas temáticos das nove coletas de dados de condutividades, considerando duas classes temáticas, sendo elas: Classe 1, abrangendo valores com condutividade elétrica abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e classe 2, abrangendo valores com condutividade elétrica acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para os valores de oxigênio dissolvido, da mesma forma que para os valores de condutividade elétrica foram criados nove mapas temáticos, onde estes também foram desenvolvidos a partir de estudos da CETESB, que indicam que valores de

oxigênio dissolvidos abaixo de 5,0 mg/L reduzem drasticamente a vida de organismos e micro-organismos aquáticos, sendo assim valores com 5 mg/l ou valores abaixo do mesmo foram considerados como classe 1; nível de oxigênio insuficiente para vida aquática da maioria dos seres, e do mesmo modo valores com níveis de oxigênio dissolvido com 5,1 mg/L ou valores acima do mesmo foram considerados como classe 2.

A partir da criação dos nove mapas temáticos levando em consideração a condutividade elétrica e também nove mapas levando em consideração valores de oxigênio dissolvido, obteve-se um total de dezoito mapas. Desta forma foram avaliados cada mapa separadamente, sendo que foram realizadas medições de áreas, levando em consideração cada classe temática, levantando assim, informações com relação a quantidade em ha que cada classe ocupa em cada mapa avaliado.

3.3 Comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite

Para realizar a comparação dos níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite com os dados físico-químicos coletados na lavoura foram adquiridas imagens do satélite Landsat 5, a partir do catálogo de imagens do INPE. Utilizou-se a banda 4 das imagens correspondentes às datas em que coincidiu a passagem do satélite com a coleta de dados na lavoura. Sendo assim foram selecionadas duas imagem de datas diferentes uma do dia 08/12/2010 e outra do dia 25/01/2011 sendo que esta análise só pode ser desenvolvida para o ano agrícola 2010/2011.

Devido ao fato do satélite Landsat 5 apresentar um problema técnico e não produzir imagens desta região durante o ano agrícola de 2011/2012, abrangendo todo o ciclo produtivo, desta forma não houveram imagens para serem processadas neste período. Com as imagens das duas datas disponíveis, as mesmas foram recortadas e registradas com auxílio do programa Spring.

A partir do registro das imagens foi adicionada a cada pixel da mesma as informações de coordenadas geográficas. Com base nestas informações pôde ser efetuada a leitura do nível de cinza do pixel correspondente ao ponto de

amostragem, identificado a partir das coordenadas geográficas obtidas com GPS junto à lavoura, no momento da coleta das amostras. Com as informações levantadas a campo e os níveis de cinza obtidos no Spring foi possível criar gráficos para duas datas diferentes da safra agrícola de 2010/2011. As variáveis que foram coletadas diretamente a campo foram a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido (OD); estas variáveis foram coletadas no local correspondente ao ponto de amostragem, fazendo a leitura *in situ*. Os níveis de cinza da banda 4 da imagem do satélite Landsat 5 correspondentes aos pontos de amostragem foram obtidos a partir das leituras de píxeis nas mesmas coordenadas geográficas, dentro do programa Spring, e foram correlacionados e organizados em forma de gráficos com a condutividade e oxigênio dissolvido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização morfométrica da área de estudo

A partir da obtenção do mapa de declividade, (fig. 3) que foi confeccionado apresentando duas classes pode observar-se a existência de três grandes glebas seguida de uma menor. As quatro glebas compõem a área total da lavoura, sendo que pode observar-se junto a figura a existência de uma área com declividade de 2% a 4% separando duas grandes áreas com declividade de 0% a 2%.

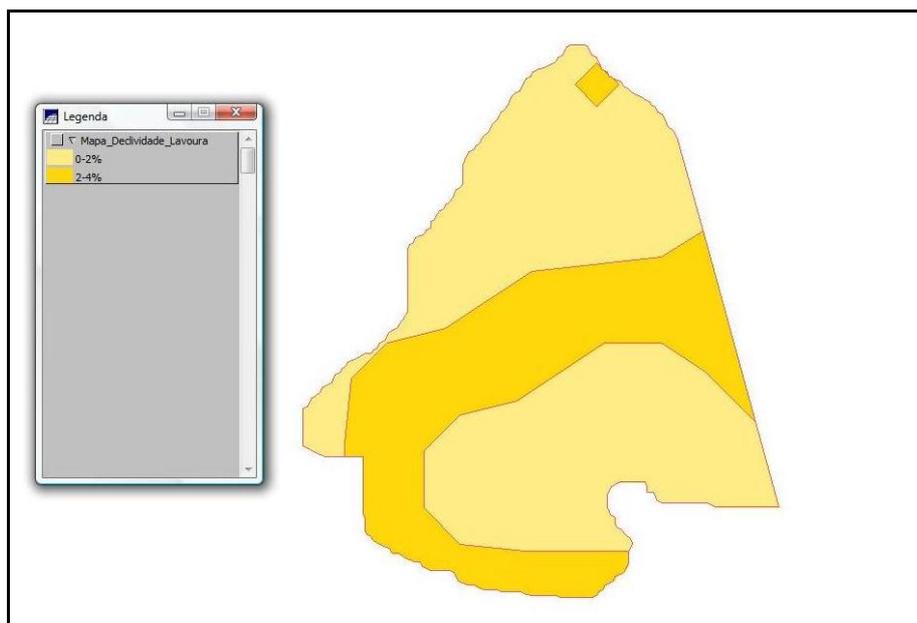


Figura 3 - Mapa de declividade do terreno, apresentando duas classes distintas, sendo elas divididas em classe com declividade inferior a 2% e declividade superior a 2%.

Com relação ao mapa de declividade do solo, pode observar-se que 16,3 ha apresentaram uma declividade inferior a 2% do total da área que são 25,5 ha, sendo que o restante da área 9,2 ha, apresentou uma declividade superior a 2% e inferior a 4%.

A partir da confecção e interpretação do mapa de hipsometria, (fig. 4) sendo que o mesmo foi confeccionado com seis classes.

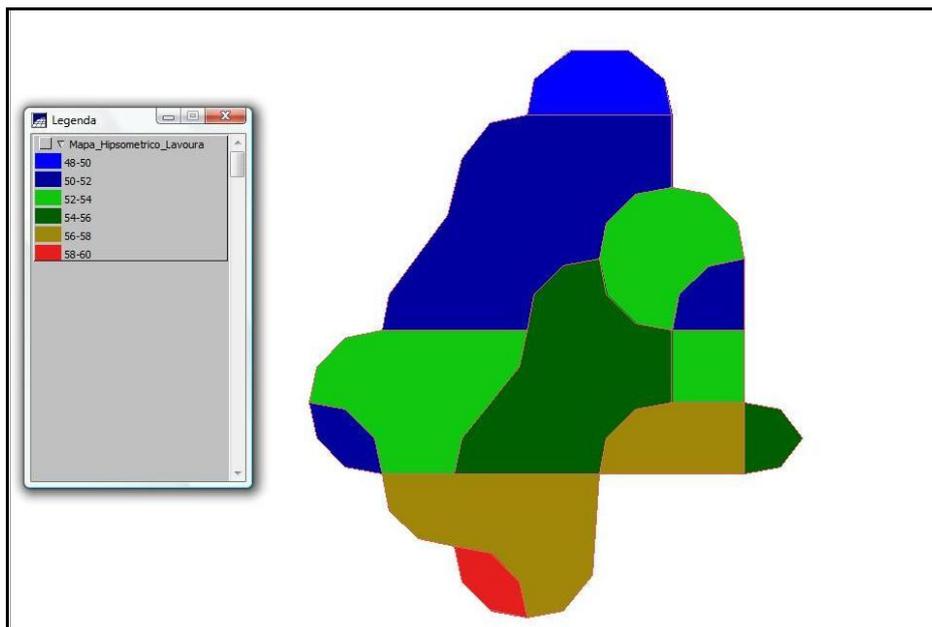


Figura 4 - Mapa de hipsometria confeccionado a partir de imagem SRTM, apresentando seis classes temáticas.

Pode observar-se uma variação muito significativa entre as diversas classes como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de resultados obtidos a partir da medição de cada área do mapa da figura 4, onde são apresentados o valor de cada área em ha para cada classe altimétrica em metros com relação ao elipsóide de referência WGS 84.

Nº Casse	Diferença altimétrica (m)	Ha
Classe 1	48 a 50	1,3
Classe 2	50 a 52	7,4
Classe 3	52 a 54	6,5
Classe 4	54 a 56	4,9
Classe 5	56 a 58	4,8
Classe 6	58 a 60	0,5
Total		25,4

A área total obtida a partir da soma de todos os valores obtidos através do mapa de hipsometria, é de 25,4 ha, este valor é 0,1 ha menor que o valor encontrado no mapa de declividade que foi de 25,5 ha. Este fato acontece por que cada área de cada classe é separada por uma linha pelo programa e calculada separadamente, porém como no mapa de hipsometria ocorreram mais classes, consequentemente

ocorreram mais linhas, sendo que no momento de finalização de confecção do mapa quando, é realizada a suavização da imagem existem pequenos descontos a cada linha suavizada. Desta forma quanto mais linha suavizadas mais é o desconto.

4.2 Análise geoestatística das informações obtidas a campo

Para realização de uma análise geoestatística da área de estudo, foram montados 18 mapas temáticos utilizando o programa Spring. Os nove mapas dos dezoito foram montados a partir de dados de condutividade elétrica, e nove mapas foram montados a partir de dados de Oxigênio dissolvido.

Para os mapas de condutividade elétrica (Fig 5) pôde ser observado duas classes sendo que a classe representada pela cor verde representa a área que apresentou valores de condutividade elétrica iguais ou superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, já a classe que representa a área que apresentou valores de condutividade elétrica de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ ou menos esta representada pela cor amarela.

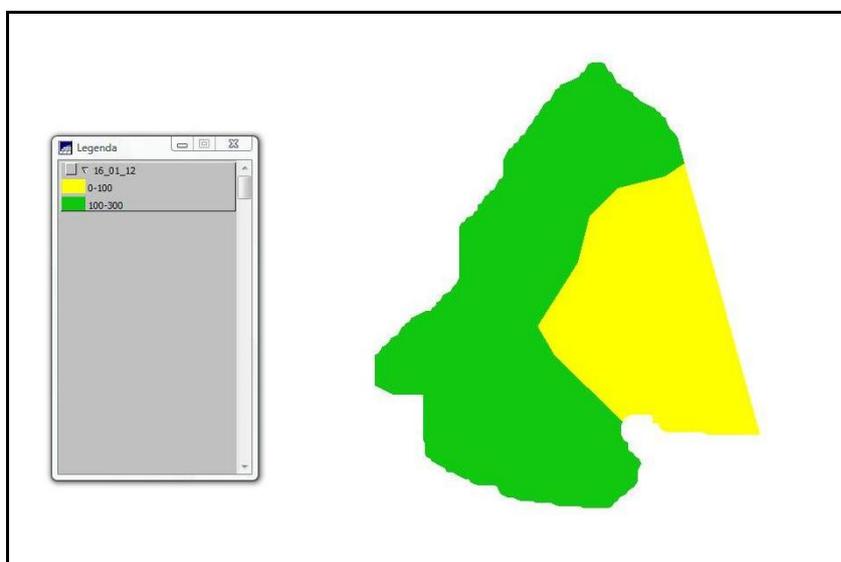


Figura 5 – Mapa temático do dia 16/01/2012 extraído do programa Spring, apresentando duas classes temáticas, onde a classe verde representa valores de condutividade com $100,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ ou mais, e a classe amarela representa classes de condutividade com $100,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ ou menos.

A partir da medição das classes temáticas, dos nove mapas, onde foram medidas em ha a área correspondente a cada classe, pode ser montada uma tabela

de valores (Tabela 2) que apresenta a área de cada classe em ha e também a percentagem que cada classe ocupa da área total da área de estudo.

Tabela 2- Tabela com valores de área obtidas a partir da interpretação de nove mapas temáticos diferentes, contendo a área em que valores coletados para condutividade foram maiores que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e área em que valores coletados para condutividade foram menores que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ano agrícola	Data	Estádio fonológico	*Condutividade Classe 1: Área (ha)	Condutividade Classe 2: Área(ha)	Percentagem de área referente à classe 1	Percentagem de área referente à classe 2
10/11	08/12/2010	V3	0,74	24,77	2,89	97,06
10/11	15/12/2010	V4	1,57	23,94	6,15	93,80
10/11	22/12/2010	V5	25,52	0,0	100	0
10/11	08/01/2011	V9	10,11	15,40	39,61	60,34
10/11	22/01/2011	R1	0,0	25,52	0	100
11/12	17/12/2011	V5	16,18	9,33	63,40	36,55
11/12	16/01/2012	V11	9,30	16,21	36,44	63,51
11/12	31/01/2012	R1	8,36	17,15	32,75	67,20
11/12	18/02/2012	R4	1,66	23,85	6,50	93,45

*Condutividade Classe 1: Área (ha) com condutividade abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Condutividade Classe2: Área(ha) com condutividade acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Percentagem de área referente à classe 1, da área com valor de condutividade acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Percentagem de área referente à classe 2, da área com valor de condutividade acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A partir da interpretação da tabela acima onde, as primeiras cinco datas correspondem ao ano agrícola 2010/2011 e as quatro ultimas datas correspondem ao ano agrícola 2011/2012, observa-se que as áreas dos mapas com valores de condutividade elétrica correspondentes a classe 1 (abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) possuem uma variação considerável durante o período dos dois anos agrícolas analisados, apresentando amplitude de até 100%.

As variações da condutividade elétrica para ambos os anos agrícolas em geral respeitou a forma onde as datas das primeiras amostragens e as datas das ultimas amostragens de cada ano agrícola apresentaram grandes áreas apresentando valores altos (condutividade elétrica acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) para condutividade elétrica. Nestas épocas do ciclo da cultura, é a época em que são feitos os principais tratamentos culturais, levando em consideração o início do ciclo. Já quando trata-se do final do ciclo estes valores correspondem ao baixo fluxo de água, decomposição de partes da planta que já não possuem mais função fisiológica (folhas velhas).

Observa-se que no início das coletas do ano agrícola 2010/2011 pode ser observado na data do dia 08/12/2010 a área da classe 1 foi de 0,74 ha, ou 2,89% da área, sendo que um comportamento muito semelhante foi observado na data de coleta do dia 22/01/2011, onde a área apresentando a classe um foi de 0%. No

entanto nas datas intermediárias de coleta de dados as áreas para classe 1 aumentaram chegando a atingir 100% da área.

Para o ano agrícola 2011/2012 foi observado um comportamento em que as áreas pertencentes à classe 1 que correspondem a valores de condutividade inferiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ decresceram gradativamente, sendo que na primeira coleta realizada no dia 17/12/2011 a área para classe 1 foi de 16,18 ha (63,4%). Na última coleta realizada no dia 18/02/2012 a área para a classe 1 foi de apenas 6,50%.

Da mesma forma como para os dados de Condutividade elétrica, os dados de oxigênio dissolvido foram processados com o programa Spring e obteve-se nove mapas de datas diferentes, sendo que cada mapa corresponde a uma data distinta.

Nos mapas montados a partir de dados de Oxigênio dissolvido (fig. 6) pode ser observado duas classes sendo que a classe representada pela cor verde representa a área que apresentou valores de oxigênio dissolvido iguais ou superiores a $5 \text{ mg}/\text{L}$, já a classe que representa a área que apresentou valores de oxigênio dissolvido de $5 \text{ mg}/\text{L}$ ou menos esta representada pela cor amarela.

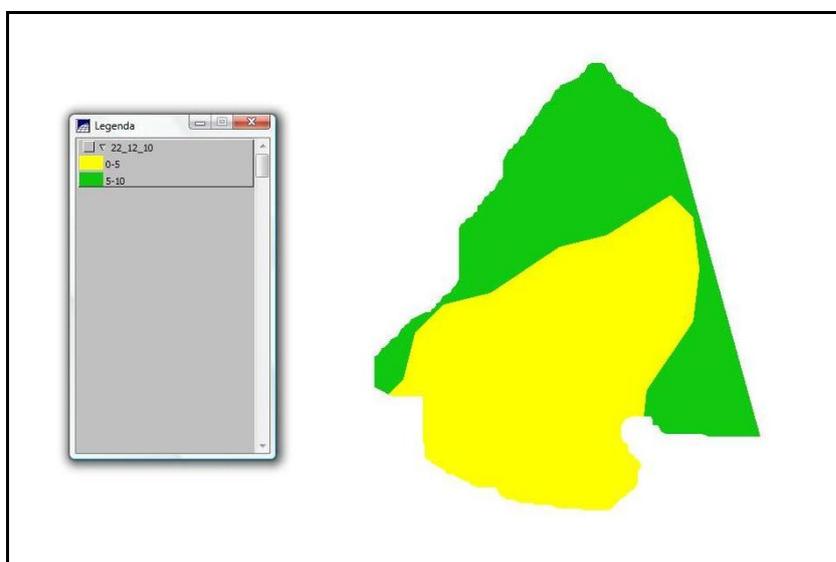


Figura 6 – Mapa temático do dia 22/12/2010 extraído do programa Spring, apresentando duas classes temáticas, onde a classe verde representa valores de oxigênio dissolvidos com $5,01 \text{ mg}/\text{L}$ ou mais, e a classe amarela representa classe de oxigênio dissolvido com $5,0 \text{ mg}/\text{L}$ ou menos.

A partir da medição das classes temáticas, dos nove mapas, onde foram medidas em ha a área correspondente a cada classe, pode ser montada uma tabela de valores (Tabela 3) que apresenta a área de cada classe em ha e também a percentagem que cada classe ocupa da área total da área de estudo.

Tabela 3- Tabela com valores de área obtidas a partir da interpretação de nove mapas temáticos diferentes, contendo a área em que valores coletados para oxigênio dissolvido foram maior que 5,01 mg/L e área em que valores coletados para condutividade foram menores que 5,0 mg/L.

Ano agrícola	Data	Estádio fonológico	*OD Classe 1: Área em ha	OD Classe 2: Área em ha	Porcentagem de área referente à classe 1.	Porcentagem de área referente à classe 2.
10/11	08/12/2010	V3	19,87	5,64	77,86	22,10
10/11	15/12/2010	V4	18,09	7,42	70,88	29,07
10/11	22/12/2010	V5	14,97	10,54	58,65	41,30
10/11	08/01/2011	V9	19,48	6,03	76,33	23,62
10/11	22/01/2011	R1	25,52	0,0	100	0
11/12	17/12/2011	V5	22,05	3,46	86,40	13,55
11/12	16/01/2012	V11	24,12	1,39	94,51	5,44
11/12	31/01/2012	R1	25,52	0,0	100	0
11/12	18/02/2012	R4	19,79	5,72	77,54	22,41

* OD Classe 1: Área em ha com OD abaixo de 5,0 mg/L; OD Classe 2: Área em ha com OD acima de 5,0 mg/L; Porcentagem de área referente à classe 1. Área com valor de OD abaixo de 5,0 mg/L; Porcentagem de área referente à classe 2. Área com valor de OD acima de 5,0 mg/L.

A partir da interpretação da tabela acima onde, as primeiras cinco datas correspondem ao ano agrícola 2010/2011 e as quatro últimas datas correspondem ao ano agrícola 2011/2012, observa-se que as áreas dos mapas com valores de oxigênio dissolvido correspondentes a classe 1 (abaixo de 5 mg/L) possuem regularidade de apresentação da área muito semelhante durante todo o período dos dois anos agrícolas.

Observa-se que a menor área para classe 1 foi apresentada no dia 22/12/2010, sendo esta de 14,97 ha, ou seja, 58,65% da área. Nas demais datas de coletas de áreas todas as áreas apresentadas para classe 1 foram superiores ao valor do dia 22/12/2010, sendo que nas datas 22/01/2011 e 31/01/2012 as áreas apresentadas para classe 1 foi de 100%.

4.3 Comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite

Para comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite, as imagens de satélites selecionadas foram processadas a partir do programa Spring. Os dados obtidos a

partir da leitura de píxeis foram organizados em tabelas, e os mesmos foram correlacionados com base no modelo de correlação de Pearson.

As correlações foram efetuadas entre os valores de dados físico-químicos das coletas e os valores de níveis de cinza obtidos nas imagens de satélite com data de imageamento coincidente com a de amostragem. A partir do levantamento de dados foram criados gráficos para melhor ilustração dos resultados obtidos.

Com a interpretação da representação gráfica, é possível observar a existência de correlações caracterizadas pelo coeficiente de correlação R, sendo que quando este valor fica próximo ou igual a zero significa que não existe correlação linear entre a ordenada (y) e a abscissa (x). O coeficiente ao quadrado (R^2) representa a fração da variância total de x e y explicada pela relação linear, como ocorreu nas correlações realizadas entre leituras de oxigênio dissolvido e as leituras de píxeis das duas datas avaliadas Figura 7 e Figura 8, com 92,2% e 99,8% respectivamente da relação entre níveis de cinza e oxigênio dissolvido explicadas pela variação das retas que estão representadas nas figuras.

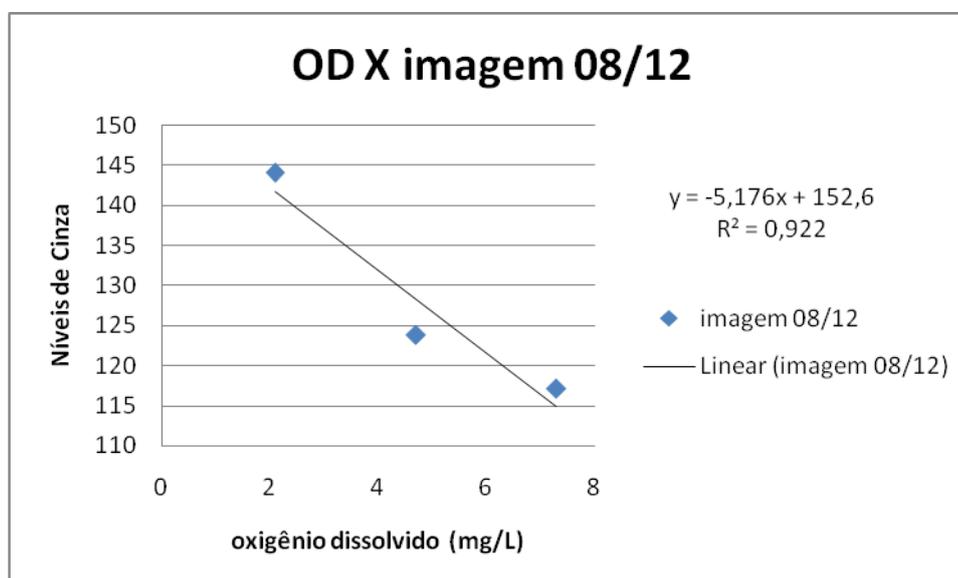


Figura 7 - Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de oxigênio dissolvido obtidos a campo no dia 08 de dezembro de 2010 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 08 de outubro de 2010.

Com a representação gráfica dos dados, Figura 7 onde são comparados valores de oxigênio dissolvido da data de 08/12/2010 e os valores referentes à leitura de píxeis realizada a partir de uma imagem obtida no mesmo dia, pode ser observado a existência de uma correlação muito forte entre os dados e de sinal

negativo, pois enquanto o nível de cinza decresce o oxigênio dissolvido aumenta, ou seja os valores obtidos de ambas as variáveis apresentam valores que decrescem acompanhando a linha de tendência representada na figura. Comportamento muito semelhante apresentaram os valores que compõem o gráfico mostrado na Figura 8.

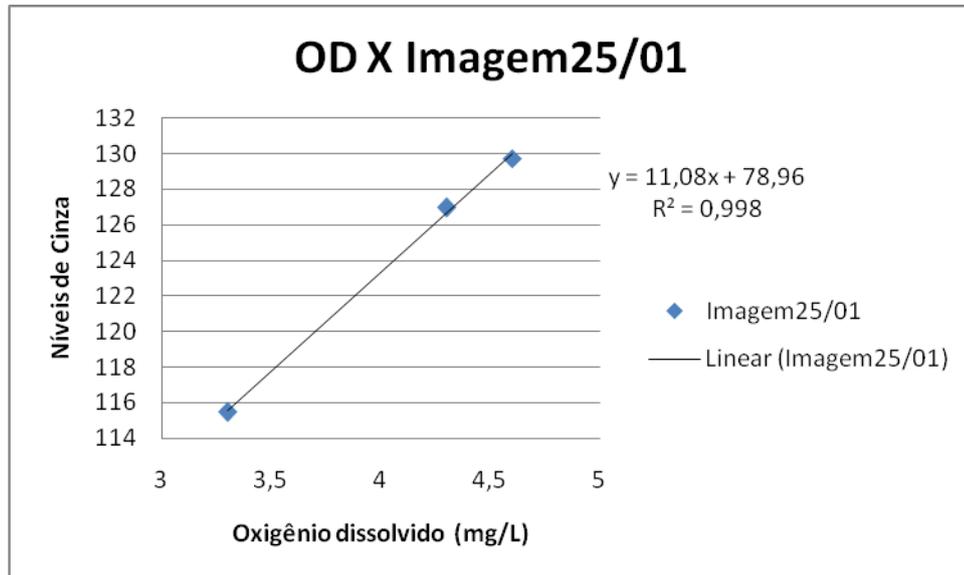


Figura 8 - Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de oxigênio dissolvido obtidos a campo no dia 22 de janeiro de 2011 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 25 de janeiro de 2011.

Da mesma forma como discutido na figura anterior, pode ser observada na figura 6 uma correlação forte, porém neste caso com sinal positivo pelo fato de que os valores apresentam valores ascendentes.

Para os resultados de condutividade elétrica também foram criados dois gráficos sendo que cada um deles representa uma data distinta. A figura 9 representa a correlação entre dados de condutividade elétrica coletados a campo no dia 08/12/2010 e dados obtidos a partir da leitura de píxeis realizado a partir de uma imagem do mesmo.

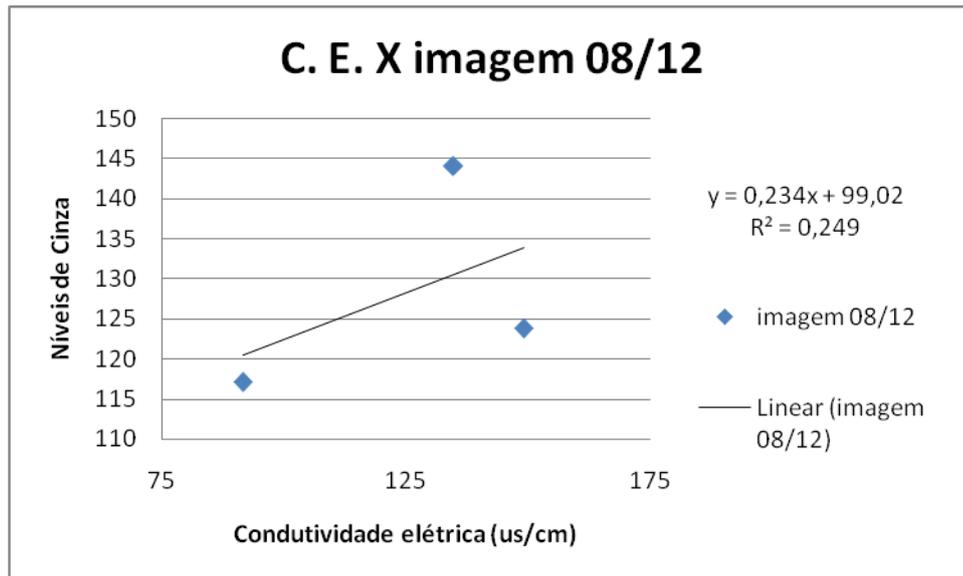


Figura 9 - Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de condutividade elétrica, obtidos a campo no dia 08 de outubro de 2010 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 08 de outubro de 2010.

Na figura 9 pode ser observado que diferentemente dos dados de oxigênio dissolvido a correlação entre os mesmos foi considerada muito fraca, ou seja apenas 24,9% da variação dos níveis de cinza com a condutividade elétrica corresponde a uma relação linear.

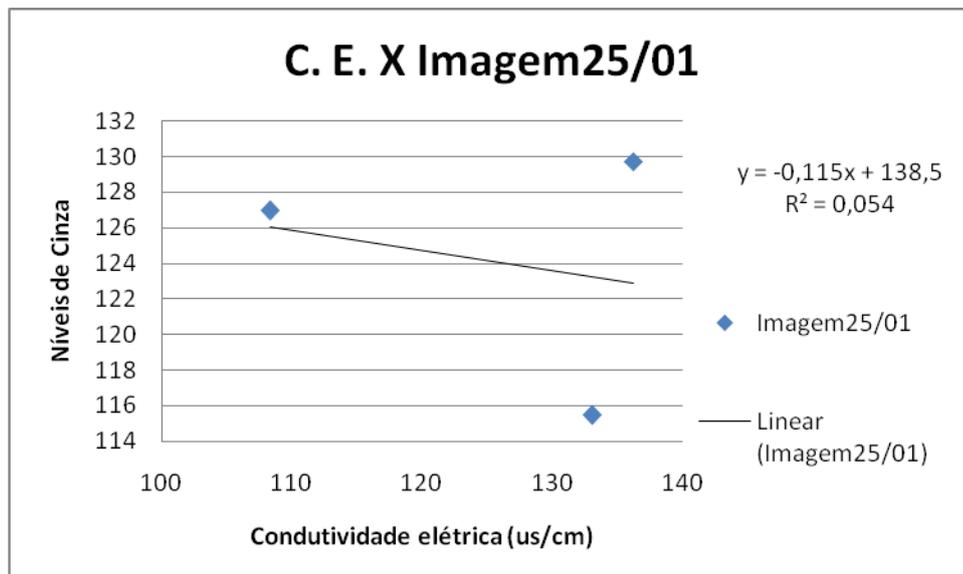


Figura 10 - Apresentação gráfica, resultante da correlação de Pearson, realizada entre valores de condutividade elétrica, obtidos a campo no dia 22 de janeiro de 2011 e valores de níveis de cinza dos píxeis, realizadas a partir de uma imagem de satélite do dia 25 de janeiro de 2011.

Para os dados de condutividade elétrica coletados no dia 22/01/2011 que estão representados graficamente a partir do figura 10, a correlação da mesma

forma que na figura anterior é considerada fraca praticamente inexistente pelo fato de apresentar apenas 5,4% de variação correspondendo a uma relação linear.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse dos resultados obtidos neste trabalho foi possível observar a partir da caracterização morfométrica da área conclui-se que a área de estudo possui uma declividade máxima de 4% sendo que cerca de 63% da área possui declividade inferior a 2 %, para hipsometria pode ser observado que dentro da área existe uma diferença de cotas de 12 metros.

A partir da análise geoestatística das informações obtidas a campo, a variável de condutividade elétrica tende a apresentar, durante todo o ciclo do arroz valores que apresentaram variação considerável, observou-se que durante o ciclo total, as áreas dos mapas com condutividade elétrica com valores abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Classe 1) no início e no final do ciclo produtivo do arroz, foram muito pequenas. Durante as datas intermediárias as áreas para condutividade elétricas foram maiores sendo que na data 22/12/2010 a área da condutividade elétrica para classe 1 foi de 100%.

A variável de oxigênio dissolvido apresentou-se muito regular durante todo o ciclo produtivo do arroz, nas duas safras avaliadas. A classe 1 apresentou valores com oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L, esta classe em todas as datas apresentou áreas acima de 58% da cobertura total da área.

Com a comparação entre parâmetros físico químicos coletados a campo e níveis de cinza dos pixels das imagens de satélite pode ser concluído que a variável de oxigênio dissolvido possui correlação com os níveis de cinza apresentado em imagens de satélites, já a condutividade possui um comportamento não apresentando um nível de correlação com níveis de cinza.

Os usos do sensoriamento remotos e variáveis físico-químicas apresentaram grande potencial para gestão e acompanhamento de áreas úmidas ou alagadas como é o caso do arroz irrigado pelo fato de que identificou-se correlações muito fortes entre um dos parâmetros físico-químicos e os níveis de cinza da imagem de satélite.

Para complementar este trabalho faz-se necessário a avaliação de mais parâmetros físicos químicos como, por exemplo, potencial redox, pH, alcalinidade, acides, turbidez dentre outros, e identificar o nível de correlação destes parâmetros com as imagens de satélite.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARROZ IRRIGADO: Recomendações técnicas da Pesquisa para o sul do Brasil / 28. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, XXVIII, 2010. Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2010. 188p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília: Secretaria de Atenção à Saúde, 2005. 217 p. Disponível em: http://dtr2001.saude.gov.br/editora/produtos/livros/pdf/05_1109_M.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2012.

CAMARA, G. Souza RCM, Freitas UM, Garrido .SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" J Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun. 1996.

CAVALHEIRO, J. M. O. Avaliação do desenvolvimento do Camurim *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) em Água Doce submetido a Alimentação Artificial. 2000. 173 p. Tese – UFSCar. São Carlos/ SP

CETESB, S. P. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2005. 307 p

COPATTI, C. E. et all. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos da cultura de arroz em peixe. **Biota Neotropica**, vol. 9, no. 04, outubro. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v9n4/v9n4a23.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2012.

EMBRAPA. Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/index.htm>. Acesso em 20 de set. de 2012.

FIORUCCI, A. R. A; BENEDETTI FILHO, E. Importância do Oxigênio dissolvido em Ecossistemas aquáticos. **Química e sociedade**, vol. 22, 2005 pag. 10 a 16.

FRANCO, R. A. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do Córrego do Coqueiro no noroeste paulista**. Fevereiro, 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, UNESP, Ilha Solteira – SP. 2008.

MACEDO, V. R.; MENEZES, V. G. Influência dos sistemas de produção e manejo no uso da água pela planta de arroz. IRGA. Disponível em: http://www.upf.br/coaju/download/Dra_Vera.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura. **Arroz**. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>. Acesso em: 29 de maio de 2012.

MOLOZZI, J. et all. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.9, Brasília. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n9/a07v41n9.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2012;

PEREIRA, P. A.; PINHEIRO, B. de S.; TEIXEIRA, S. M **Rice in Brasil**. Internacional Rice Comission, Roma, v. 39, p. 241-248, 1990. Disponível em: Acesso em: 29 de maio de 2012.

PRIMEL, E. G. et all. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo de arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, vol.28, no. 4, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n4/25105.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2012.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3° Ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade federal de Minas Gerais. 2005. 452 p.