

UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA DA REGIÃO DE CHAPECÓ  
(UNOCHAPECO)  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação

Liziane Cassia Carlesso

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PSEUDOFRUTOS DE MORANGUEIRO  
SUBMETIDOS A APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO EM  
DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA

Chapecó – SC, 2016

LIZIANE CASSIA CARLESSO

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PSEUDOFRUTOS DE MORANGUEIRO  
SUBMETIDOS A APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO EM  
DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA

Dissertação apresentada à Unochapecó como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação.  
Orientador: Prof. Dr. Gean Lopes da Luz.  
Coorientadores: Prof. Dr. Cristiano Reschke Lajús e Prof. Dr. Luciano Luiz Silva.

Chapecó – SC, dez. 2016

Carlesso, Liziane Cassia

Propriedades físico-químicas de pseudofrutos de morangueiros submetidos a aplicação de nanopartículas de óxido de zinco / Liziane Cassia Carlesso; orientador, Gean Lopes da Luz; co-orientador, Luciano Luiz Silva. – Chapecó, SC, 2015.

87 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó- Unochapecó. Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação.

1. Nanotecnologia. 2. Análises físico-químicas. 3. Morangueiro. 4. Pseudofrutos. 5. Nutrição. 6. Tecnologia de Alimentos. I. Luz, Gean Lopes da. II Silva, Luciano Luiz. III. Universidade Comunitária da Região de Chapecó. Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação. IV. Título.

Liziane Cassia Carlesso

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PSEUDOFRUTOS DE MORANGUEIRO  
SUBMETIDOS A APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO EM  
DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de MESTRE EM  
TECNOLOGIA E GESTÃO DA INOVAÇÃO da Universidade Comunitária da Região  
de Chapecó - UNOCHAPECÓ, com a seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Gean Lopes da Luz – Orientador

---

Prof. Dr. Cristiano Reschke Lajús – Coorientador

---

Prof. Dr. Luciano Luiz Silva – Coorientador

---

Profa. Dra. Carina Rossoni – Membro

---

Profa. Dra. Suelen Cadorin Fernandes – Membro

---

Profa. Dra. Rose Mendes – Suplente

Chapecó – SC, dez. 2016

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Maria Eleide Uriarte Carlesso e Valmir Carlesso, pelo apoio incondicional, em especial á minha querida mãe, que incansavelmente me incentiva e é o meu maior exemplo, me permitindo tentar ser uma pessoa melhor.

## **OFEREÇO**

Aos meus irmãos Aline e Luan pelo incentivo e apoio. Ao meu namorado Ricardo Luiz Valdameri, pela força, companheirismo, amor, dedicação e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

*À Deus, que tudo possibilita.*

*Ao Prof. Dr. Gean Lopes da Luz, pela impecável orientação e pela paciência em me conduzir nesse trabalho.*

*Aos meus pais, Valmir e Maria Eleide, que além de me proporcionarem a oportunidade de estudar sempre estiveram presentes me incentivando, aos meus irmãos, Aline e Luan, que sempre torceram por mim, e me deram todo amor e carinho.*

*Uma vez dentro da Universidade, uma pessoa em especial me convenceu a continuar os estudos após a graduação, mostrando-me a nobre função da pesquisa: produzir novos conhecimentos. Professor e amigo Cristiano Reschke Lajus foi essa pessoa, obrigada pelas constantes demonstrações de sabedoria e humildade. Obrigada pelo exemplo! Sempre seguirei seus passos...*

*Não posso deixar de agradecer também duas grandes incentivadoras, que marcaram importante presença na minha vida acadêmica, Profa. Carina Rossoni e Profa. Rose Mendes, vocês me inspiram.*

*À Unochapecó, pela qualidade do curso de pós-graduação ofertado. Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina –UNIEDU, e a Secretaria de Estado da Educação, sem esse auxílio, nada disso teria sido possível.*

*Às bolsistas que tanto me auxiliaram, Bruna Trombetta e Juliana Pagliarini e aos educadores que participaram desta pesquisa, em especial a Profa. Suelen Cadorin Fernandes, pela disponibilidade e pela contribuição.*

*Enfim, agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, estiveram presentes nesta caminhada e contribuíram para a concretização deste trabalho.*

## EPÍGRAFE

*“A razão primordial de toda a superioridade humana é sem duvida a vontade. O poder nasce do querer. Sempre que o homem aplicar a veemência e a perseverante elegia de sua Alma a um fim, ele vencera obstáculos e, se não atingir o alvo, pelo menos fara coisas admiráveis” – José de Alencar.*

## RESUMO

Título. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE PSEUDOFRUTOS DE MORANGUEIRO SUBMETIDOS A APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO EM DIFERENTES PERÍODOS DE COLHEITA. Liziane Cassia Carlesso.

Gean Lopes da Luz (ORIENTADOR); Cristiano Reschke Lajús (COORIENTADOR); Luciano Luiz Silva (COORIENTADOR) (Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ).

Atualmente se percebe comprovada relação do índice *SPAD* e os índices de N em relação ao rendimento de grãos de milho. Como diagnóstico, o teor relativo de clorofila na folha de milho está associado ao rendimento de grãos, assim como ao teor de N na folha. A inovação tecnológica “fertilização nitrogenada da cultura do milho a partir dos índices de *RGB* obtidos na análise de imagem digital” demonstra potencial para geração de tecnologia de baixo custo com georreferenciamento de áreas de manejo de fertilização nitrogenada nas pequenas propriedades rurais em lavouras de milho, com informações coletadas no campo em tempo real e mapas de recomendação para o N. Para tal, as seguintes premissas devem ser atendidas: mapeamento da localização geográfica através de SIG das áreas quadrangulares (grides) e de pontos de amostragem de imagem via lâminas foliares; divisão em grids que serão utilizados para definição de índices de *RGB*, os quais apresentam correlações positivas com o teor de N, *SPAD*, biomassa, clorofila A, B e total e Recomendação da fertilização nitrogenada a partir dos índices de *RGB* obtidos na análise de imagem digital. Desta forma a respectiva dissertação foi conduzida e projetada em duas fases: i) Clorofilometria por imagem digital aplicada à cultura do milho e ii) Fertilização nitrogenada da cultura do milho com base em georreferenciamento e clorofilometria por imagem digital – *RGB*. Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que: é possível estimar o teor de clorofila total a partir dos valores obtidos para *COR<sub>G</sub>* e *COR<sub>B</sub>* para o híbrido AS1666 VT PRO 3™; A inovação tecnológica proposta apresenta eficiência técnica e econômica e o SIG para interpolação e krigagem, mecanismos de georreferenciamento e análise digital de imagens com indicadores de *RGB* demonstram ser ferramentas de AP sustentáveis, quando comparados com os métodos convencionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão. Inovação tecnológica. SIG. Clorofilometria. Imagem digital.

## ABSTRACT

Title. *Physicochemical of strawberry pseudofruits of applied zinc oxide nanoparticles applications properties in different harvest periods.* Liziane Cassia Carlesso.

Gean Lopes da Luz (ADVISER); Cristiano Reschke Lajús (COADVISER); Luciano Luiz Silva (COADVISER) (Community University Chapecó Region - UNOCHAPECÓ).

At present it is clear that there is a proven relationship of *SPAD* index and N ratios in relation to the yield of corn grain. As a diagnostic, the relative chlorophyll content in maize leaf is associated with grain yield, as well as the N content in the leaf. Technological innovation "nitrogen fertilization of corn from the *RGB* indexes obtained in digital image analysis" demonstrates potential for low-cost technology generation with georeferencing nitrogen fertilization management areas on small farms in corn crops, with information collected in the field in real time and recommendation maps for N. to this end, the following guidelines must be met: mapping the geographical location using GIS of quadrangular areas (grids) and image sampling points via leaf blades; division into grids that will be used to define *RGB* indexes, which have positive correlations with the N content, *SPAD*, biomass, chlorophyll A, B and total recommendation of nitrogen fertilization from *RGB* indexes obtained in image analysis digital. Thus their dissertation was conducted and designed in two phases: i) Clorofilometria by digital image applied to corn and ii) nitrogen fertilization of corn based on georeferencing and clorofilometria by digital image - *RGB*. The conditions under which the experiment was conducted, the results showed that: it is possible to estimate the total chlorophyll content from the values obtained for *CORG* and *CORB* for hybrid AS1666 VT PRO™ 3; Technological innovation proposal presents technical and economic efficiency and GIS for interpolation and kriging, georeferencing mechanisms and digital image analysis with *RGB* indicators prove to be sustainable AP tools when compared to conventional methods.

KEYWORDS: Precision agriculture. Tecnologic innovation. SIG. Chlorophyll. Digital image.

## SUMÁRIO

<i>DEDICATÓRIA.....</i>	<i>04</i>
<i>AGRADECIMENTOS.....</i>	<i>05</i>
<i>EPÍGRAFE.....</i>	<i>06</i>
<i>RESUMO.....</i>	<i>07</i>
<i>ABSTRACT.....</i>	<i>08</i>
<i>LISTA DE FIGURAS.....</i>	<i>13</i>
<i>LISTA DE TABELAS.....</i>	<i>15</i>
<i>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</i>	<i>18</i>
<i>1 INTRODUÇÃO.....</i>	<i>20</i>
<i>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</i>	<i>23</i>
<i>2.1 SIG.....</i>	<i>23</i>
<i>2.2 DADOS E INFORMAÇÃO.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3 MODELOS.....</i>	<i>25</i>
<i>2.4 OS SOFTWARE DE SIG E A MODELAGEM EM SIG.....</i>	<i>27</i>
<i>2.4.1 Sistema de camadas cliente/servidor.....</i>	<i>28</i>
<i>2.4.2 Sistema de duas camadas (Two-Tier).....</i>	<i>28</i>
<i>2.4.3 Sistema de três camadas (Three-Tier).....</i>	<i>29</i>
<i>2.4.4 Sistemas multicamada (Multi-tier).....</i>	<i>30</i>
<i>2.4.5 Sistemas de software SIG.....</i>	<i>30</i>
<i>2.4.6 Modelagem.....</i>	<i>31</i>
<i>2.5 AGRICULTURA DE PRECISÃO COM SUPORTE DE SIG.....</i>	<i>32</i>
<i>2.6 LINGUAGEM DE MODELAGEM UML.....</i>	<i>32</i>
<i>2.7 OBJETOS E MODELOS DE GEODATABASE EM UML.....</i>	<i>33</i>
<i>2.8 ANÁLISE DE DADOS ESPACIAIS.....</i>	<i>37</i>

<b>2.9 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>2.10 AGRICULTURA DE PRECISÃO EM PEQUENAS PROPRIEDADES.....</b>	<b>40</b>
<b>2.11 DADOS DE AGRICULTURA DE SANTA CATARINA.....</b>	<b>40</b>
<b>2.12 FENOLOGIA DO MILHO.....</b>	<b>46</b>
<b>2.13 ECOFISIOLOGIA DO MILHO.....</b>	<b>48</b>
<b>2.14 MÉTODOS DE CLOROFIOMETRIA.....</b>	<b>49</b>
<b>2.14.1 Cartela de Cores.....</b>	<b>50</b>
<b>2.14.2 Clorofilômetro.....</b>	<b>51</b>
<b>2.14.3 Software e Métodos.....</b>	<b>52</b>
<b>2.15 MÉTODOS E PATENTES.....</b>	<b>52</b>
<b>2.16 PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS.....</b>	<b>55</b>
<b>2.16.1 Processamento de Imagens Coloridas.....</b>	<b>56</b>
<b>2.16.2 Software para manipulação de imagens digitais.....</b>	<b>60</b>
<b>2.17 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E MANIPULAÇÃO DE IMAGENS.....</b>	<b>60</b>
<b>2.17.1 Java.....</b>	<b>60</b>
<b>2.17.2 C++ e OpenCV.....</b>	<b>61</b>
<b>2.17.3 Ruby e ImageMagick.....</b>	<b>62</b>
<b>2.17.4 PHP e funções para manipulação de imagens.....</b>	<b>64</b>
<b>2.17.5 Clorofilometria por processamento de imagem.....</b>	<b>65</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....</b>	<b>70</b>
<b>3.1 CLOROFIOMETRIA POR IMAGEM DIGITAL APLICADA NO MILHO.....</b>	<b>72</b>
<b>3.1.1 Local do experimento.....</b>	<b>72</b>
<b>3.1.2 Clima.....</b>	<b>72</b>
<b>3.1.3 Solo.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1.4 Tratamentos.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1.5 Delineamento experimental.....</b>	<b>73</b>

<b>3.1.6 Tratos culturais.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1.6.1 Cultura antecessora.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1.6.2 Dessecação.....</b>	<b>74</b>
<b>3.1.6.3 Propriedade do híbrido.....</b>	<b>74</b>
<b>3.1.6.4 Sistema de cultivo.....</b>	<b>74</b>
<b>3.1.6.5 Semeadura.....</b>	<b>74</b>
<b>3.1.6.6 Desbaste.....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.6.7 Fertilização nitrogenada (NSN).....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.6.8 Tratamentos fitossanitários.....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.6.9 Desbaste.....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.7 Variáveis respostas.....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.7.1 Leitura do teor de clorofila com medidor portátil.....</b>	<b>75</b>
<b>3.1.7.2 Teores de nitrogênio (N), clorofila a, b e total extraível na folha.....</b>	<b>76</b>
<b>3.1.7.3 Biomassa da planta.....</b>	<b>76</b>
<b>3.1.7.4 Rendimento.....</b>	<b>76</b>
<b>3.1.7.5 Coleta das imagens.....</b>	<b>77</b>
<b>3.1.7.6 Quantificação dos valores de R, G e B.....</b>	<b>77</b>
<b>3.1.8 Análise estatística.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2 FERTILIZAÇÃO NITROGENADA DO MILHO POR IMAGEM DIGITAL.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2.1 Caracterização do experimento.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2.2 Mapeamento da área e georreferenciamento das lâminas foliares.....</b>	<b>80</b>
<b>3.2.3 Tratamentos.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2.4 Tratos culturais.....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.5 Scanner das lâminas foliares.....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.6 Recomendação da fertilização nitrogenada.....</b>	<b>82</b>
<b>3.2.7 Rendimento.....</b>	<b>82</b>

<b>3.2.8</b>	<b>Elaboração de mapas.....</b>	<b>83</b>
<b>3.2.9</b>	<b>Análise econômica.....</b>	<b>83</b>
<b>3.2.10</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>83</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>84</b>
<b>4.1</b>	<b>COLORÍMETRIA POR IMAGEM DIGITAL APLICADA NO MILHO.....</b>	<b>84</b>
<b>4.2</b>	<b>FERTILIZAÇÃO NITROGENADA DO MILHO POR IMAGEM DIGITAL.....</b>	<b>84</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Identificação do Blue em estágio fenológico V4 no SAPS (S1).....</b>	<b>91</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Identificação do Blue em estágio fenológico V4 no SAPS (S2).....</b>	<b>92</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Identificação do Blue em estágio fenológico V7 no SAPS (S1).....</b>	<b>93</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Identificação do Blue em estágio fenológico V7 no SAPS (S2).....</b>	<b>95</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V4 no SAPS (S1).....</b>	<b>96</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V4 no SAPS (S2).....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V7 no SAPS (S1).....</b>	<b>99</b>
<b>4.2.8</b>	<b>Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V7 no SAPS (S2)....</b>	<b>101</b>
<b>4.2.9</b>	<b>Rendimento de grãos no SAPS (S1).....</b>	<b>103</b>
<b>4.2.10</b>	<b>Rendimento de grãos no SAPS (S2).....</b>	<b>106</b>
<b>4.2.11</b>	<b>Resultados do rendimento de grãos no SAPS, S1 X S2.....</b>	<b>107</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>109</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>110</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>126</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Desenvolvimento de uma modelagem.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2 – Two-Tier.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3 – Three-Tier.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4 – Three-Tier.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5 – Modelo de dados em SIG.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6 – Níveis de abstração de um modelo de dados em SIG.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7 – Sistema de distribuição de água classes – UML.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 8 – Two-Tier.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9 – Dependência e instanciação para criação de objetos.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10 – Three-Tier.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11 – Composição.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12 – Níveis de abstração de um modelo de dados em SIG.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13 – Produção de grãos produzidos pela agricultura familiar.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 14 – Produção de grãos em SC, para agricultura familiar.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 15 – Dependência e instanciação para criação de objetos.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 16 – Exportações catarinenses – 2013.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 17 – Exportações do agronegócio catarinense.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18 – Espectro eletromagnético.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 19 – Representação do modelo de cores RGB.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 20 – Recorte de imagens com cores reais de uma folha.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 21 – Dados numéricos associados a uma imagem.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 22 – Bloco de código Ruby.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 23 – Bloco de código PHP.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 24 – Diagrama representativo da fase I da pesquisa.....</i>	<i>70</i>

<i>Figura 25 – Diagrama representativo da fase II da pesquisa.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 26 – SAPS (S1: georreferenciado).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 27 – SAPS (S2: convencional).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 28 – Mapeamento e georreferenciamento do SAPS S1.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 29 – Mapeamento e georreferenciamento do SAPS S2.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 30 – Gráficos de dispersão para clorofila total e SPAD.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 31 – Gráficos de dispersão para clorofila total e cor verde.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 32 – Gráficos de dispersão para clorofila total e cor azul.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 33 – Gráficos de dispersão para SPAD e cor verde, em cada estádio....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 34 – Gráficos de dispersão para SPAD e cor azul, em cada estádio.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 35 – Identificação do Blue em estádio fenológico V4 no SAPS (S1).....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 36 – Identificação do Blue em estádio fenológico V4 no SAPS (S2).....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 37 – Identificação do Blue em estádio fenológico V7 no SAPS (S1).....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 38 – Identificação do Blue em estádio fenológico V7 no SAPS (S2).....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 39 – Aplicação de uréia no estádio fenológico V4 no SAPS (S1).....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 40 – Aplicação de uréia no estádio fenológico V4 no SAPS (S2).....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 41 – Aplicação de uréia no estádio fenológico V7 no SAPS (S1).....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 42 – Aplicação de uréia no estádio fenológico V7 no SAPS (S2).....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 43 – Aplicação de uréia em S1 X S2, acumulado de V4 e V7.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 44 – Custo da aplicação em S1 X S2, acumulado de V4 e V7.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 45 – Mapa de rendimento de grãos no SAPS (S1).....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 46 – Mapa de rendimento de grãos no SAPS (S2).....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 47 – Resultados do rendimento de grãos no SAPS, S1 X S2.....</i>	<i>107</i>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Estabelecimentos agrícolas em Santa Catarina.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 2 – Dados da produção agrícola de grãos em Santa Catarina.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 3 – Produção de grãos em SC.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 4 – Classificação dos estádios vegetativos e reprodutivos do milho....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 5 – Algumas das bases de patentes no Brasil e no exterior.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 6 – Patentes de tecnologias aplicadas a clorofilometria – USPTO.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 7 – Comprimento de onda do espectro visível.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 8 – Correlação com base nos valores R, G e B e o teor de clorofila.....</i>	<i>69</i>

## LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 – Coeficientes de correlação linear (Pearson) do experimento.....</i>	<i>84</i>
<i>Quadro 2 – Cor verde e valores constantes de vermelho e azul.....</i>	<i>85</i>
<i>Quadro 3 – Cores médias para híbrido AS1666 em estádio V6.....</i>	<i>88</i>
<i>Quadro 4 – Cores médias para híbrido AS1666 em estádio V10.....</i>	<i>89</i>
<i>Quadro 5 – Equações para determinação de Clorofila Total a partir de CORB.</i>	<i>90</i>
<i>Quadro 6 – Equações para determinação de Clorofila Total a partir de CORG.</i>	<i>90</i>
<i>Quadro 7 – Identificação de Blue na SAPS – S1 X S2, em V4.....</i>	<i>93</i>
<i>Quadro 8 – Identificação de Blue na SAPS – S1 X S2, em V7.....</i>	<i>96</i>
<i>Quadro 9 – Aplicação de uréia a taxa variada nos SAPS – S1 X S2, em V4.....</i>	<i>99</i>
<i>Quadro 10 – Aplicação de uréia a taxa variada nos SAPS – S1 X S2, em V7... </i>	<i>102</i>
<i>Quadro 11 – Resultados positivos usando os métodos da AP/S1.....</i>	<i>103</i>
<i>Quadro 12 – Resultado da colheita de grãos em S1.....</i>	<i>105</i>
<i>Quadro 13 – Resultado da colheita de grãos em S2.....</i>	<i>107</i>
<i>Quadro 14 – Comparativo do rendimento físico (grãos) e financeiro (R\$).....</i>	<i>107</i>

## LISTA DE ANEXOS

<i>ANEXO A – Análise de solo do experimento.....</i>	<i>126</i>
------------------------------------------------------	------------

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

***AP – Agricultura de Precisão***

***BMP – Windows Bitmap Format***

***C++ – Linguagem de Programação Orientada a Objetos***

***CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola***

***CIPO – Canadian Intellectual Property Office***

***CORB – Cor Azul***

***CORG – Cor Verde***

***CORR – Cor Vermelho***

***DGCI – Dark Green Color Index***

***E – Estádio***

***Espacenet - European Patent Office***

***SGBD – Gerenciamento de Banco de Dados***

***GIF - Graphical Interchange Format***

***GIS – Geographic Information System***

***H – Híbrido***

***HSB – Hue, Saturation, Bright***

***IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística***

***ICVE – Índice de Cor Verde Escuro***

***IP – Imagens Processadas***

***INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial***

***IPNI – International Plant Nutrition Institute***

***IRRI – International Rice Research Institute***

***JAVA – Linguagem de programação orientada a objetos***

***JPG – Joint Photographics Experts Group***

***JPO – Japan Patent Office***

***LCC – Leaf Color Chart***

***NSN – Nível de suprimento de Nitrogênio***

***OpenCV – Biblioteca desenvolvida em C++ para computação gráfica***

***PNG – Portable Network Graphics***

***RGB – Red, Green, Blue***

***SIG – Sistemas de Informação Geográfica***

***SPAD – Soil Plant Analysis Development***

***TIFF – Tagged Image File Format***

***USPTO – United States Patent and Trademark Office***

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do morangueiro é apreciada em muitos países por apresentar características sensoriais atrativas e nutricionais bem definidas, sendo assim de muito valor na comercialização. O sabor e as propriedades nutricionais são características do fruto que vêm sendo desenvolvidas e ganhando importância, tanto nos programas de melhoramento, quanto nos sistemas produtivos. (OSZMIANSKI; WOJDYLO, 2009). A qualidade dos alimentos consumidos atualmente, tanto nos aspectos físico-químicos e nutricionais vem despertando grande preocupação, principalmente pelo fato de determinados alimentos estarem relacionados à prevenção ou controle de algumas doenças, pela presença dos compostos bioativos. Assim, cresce o interesse dos consumidores e também dos fabricantes de alimentos, bem como os fatores que influenciam os teores de compostos específicos.

A qualidade físico-química e nutricional do fruto do morangueiro é determinada geneticamente e pode sofrer influência do ambiente de cultivo em função, de fatores edafoclimáticos como luz, temperatura e umidade relativa do ar, dos tipos de sistemas agrícolas de cultivo, adubações, tipo de solo, ponto de maturação na colheita, condições de armazenagem, transporte e embalagem. É visto que, quando o produto apresenta melhores características físico-químicas, há uma maior aceitação pelo mercado consumidor, além de propiciar aumento do rendimento no processo de industrialização. Sendo assim, diversos fatores devem ser considerados para melhorar as características de qualidade, pois aliar qualidade e alta produtividade disponibiliza melhores produtos ao consumidor e é importante estímulo ao produtor. Dentre esses fatores, destacam-se a nutrição e adubação, pois os nutrientes minerais nas culturas podem estar relacionados aos níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas, influenciando diretamente nos processos bioquímicos e fisiológicos. Dentre os nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento do morangueiro, destaca-se o nutriente Zinco. O zinco (Zn) é considerado um elemento de grande importância na nutrição da planta e atua como ativador de várias enzimas e componente estrutural de outras, igualmente como de estruturas celulares. Tem grande participação da fotossíntese nas plantas e é indispensável para a produção de triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético), hormônio vegetal promotor de crescimento e, também, está envolvido no metabolismo do nitrogênio (MARSCHNER, 1986), e ainda conforme Marubayashi

(1989), a ação fisiológica desse micronutriente se dá na promoção da síntese do citocromo c, formação e metabolismo de auxinas, estabilização dos ribossomos, metabolismo de fenóis, síntese de proteínas e permeabilidade da membrana.

É notável que, nos últimos anos as inovações tecnológicas para a agricultura estão direcionadas, em grande parte, a redução do custo de produção e para o aumento da produtividade, melhoramento dos produtos final e do rendimento. Para isso destaca-se o desenvolvimento de novas tecnologias para a modificação genética, melhoramento nutricional de plantas e os diferentes procedimentos de adubação no solo. Neste contexto, algumas práticas ainda precisam ser melhor estudadas e aprimoradas, como a utilização da ciência da nanotecnologia no Agronegócio. É visto que, neste sentido, a nanotecnologia apresenta um largo espectro de oportunidades e possibilidades. Embora seja amplamente empregada por diversos segmentos, como nas áreas de fármacos, biossensores e dispositivos eletrônicos, ainda é muito pouca empregada em estudos e tecnologias agrônômicas. Mundialmente, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de produtos agrícolas, sendo um dos pilares da economia. Assim, oferece grandes oportunidades para trabalhos de pesquisas e inovações nesta linha e associando a nanotecnologia.

Desse modo, oferece grandes oportunidades para trabalhos de pesquisas e inovações nesta linha e associando a nanotecnologia. Em especial, com o melhoramento das características físico-químicas de culturas olerícolas, com nanopartículas constituídas por elementos que são micronutrientes naturais da planta, como nanopartículas de óxido de zinco.

A incorporação destas nanopartículas nas plantas pode proporcionar diversos benefícios para o desenvolvimento da planta. Por serem estáveis e inertes não sofrerão efeitos das variações de pH dos solos e não serão complexadas por demais moléculas presentes no solo, nas células e nos tecidos vegetais da planta. Este fator atribui às nanopartículas maior tempo para as atividades como cofatoras enzimáticas e maiores alcances sem a sua complexação química ao longo da planta (SEGATTO, 2015).

A tecnologia atual de tratamento de culturas olerícolas emprega sais de zinco como, sulfatos, cloretos e nitratos, que na presença da água, são dissolvidos e liberam o elemento na forma iônica. Nessa forma os íons de zinco são facilmente complexados por determinados grupos químicos presentes nas moléculas da planta e do solo e participam das reações de neutralização dos solos com a formação de

hidróxidos. Assim, são facilmente indisponibilizados para a planta. Por sua vez, as nanopartículas participarão destes mecanismos e serão disponibilizadas devido a sua estabilidade química. As dimensões nanométricas das partículas de óxido de zinco atribuem elevada mobilidade para as nanopartículas. Por apresentarem dimensões nanométricas podem facilmente serem absorvidas por membranas celulares e se transportarem por micro canais presentes nas estruturas celulares da planta. Nestas condições, as nanopartículas de óxido de zinco serão portadoras de nanonutrientes de zinco para a região da célula que ainda não estejam atendidas com os procedimentos tradicionais de tratamento.

Ainda, por apresentar maior mobilidade, poderão ser conduzidas com estabilidade para as regiões da planta que também não foram atendidas com os métodos tradicionais. Assim, os processos metabólicos que são dependentes do zinco como nutriente serão favorecidos. Outra vantagem expressiva das nanopartículas de óxido de zinco diante aos sais empregados pelos métodos tradicionais é o fato de não ser solúvel em água. Por sua vez, a nanopartículas de zinco não são solúveis e não serão dissociadas pela água presente no solo. Assim, a fração das nanopartículas de óxido de zinco que não foi absorvida pela planta nos estádios iniciais e que estão adsorvidas na sua superfície, ainda poderá ser disponibilizada para a planta ao longo do crescimento desta.

Neste sentido este trabalho, propõe a aplicação da nanotecnologia para o melhoramento das características físico-químicas na cultura do morangueiro, com o objetivo principal de analisar a influência de diferentes doses de tratamento dos frutos com nanopartículas de óxido de zinco no desempenho nutricional.

Dessa forma, é de suma importância a investigação das características de qualidade e valor nutricional influenciadas por um fator de extrema importância na nutrição da cultura, a utilização do zinco, a fim de manter ou incrementar a qualidade e os teores de compostos benéficos na dieta da população, para promoção da saúde. Até o momento, poucos são os resultados de pesquisas com avaliação das propriedades físico-químicas de morangos com a aplicação da ciência naotecnológica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CULTURA DO MORANGO

Conforme a classificação botânica, o morangueiro pertence à família *Rosaceae*, subfamília *Rosoideae*, tribo *Potentilleae*, gênero *Fragaria* e espécie *Fragaria x ananassa* Duche x Rozier, que é um híbrido octaplóide resultante do cruzamento entre as espécies *F. chiloensis* e *F. Virginiana* (SILVA; MURA, 2007).

Todas as espécies de morangueiro cultivadas surgiram da hibridação entre espécies silvestres, diferenciando-se quanto a adaptação às condições climáticas, forma, cor, firmeza, tamanho e sabor dos frutos, bem como a época de maturação e produtividade (COSTA, 2009)

A cultura do morangueiro a nível global remonta o final do século XVIII, cultivada inicialmente em jardins e hortas caseiras, no Brasil, ganhou notoriedade econômica em meados do século XIX nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

Em Santa Catarina, a cultura do morango está distribuída em 29 municípios, que somam 363 produtores e cultivam 128,6 hectares (ha). A produtividade média de frutos no estado varia entre 12 e 60 t/ha, com média de 28,4 t/ha, variando em função do clima das regiões e do sistema de cultivo adotado. Os municípios de Rancho Queimado (210 produtores e 55 ha) e de Águas Mornas (80 produtores e 25 ha) no Leste e Água Doce (1 produtor e 21 ha) no Noroeste, respondem por 78,5% da área de morangos cultivados no estado, com uma produtividade média de frutos acima de 45 t/ha. As principais cultivares exploradas no estado são a Camarosa, Diamante, Oso Grande, Aromas, Camiño Real, Tudla, Seascape e Ventana (NESI; VERONA; GROSSI, 2008).

### 2.2 MANEJO E ADUBAÇÃO

#### 2.2.1 Sistema Convencional

A agricultura convencional está fundamentada na tecnologia de produtos como inseticidas, herbicidas, fungicidas, adubos solúveis, entre outros, enquanto a agricultura orgânica trabalha com processo e conjunto de procedimentos que

envolvem a planta, o solo e as condições climáticas. Sabe-se que, plantas cultivadas com a adubação orgânica possuem maior equilíbrio nutricional, tornando-as mais resistentes a pragas e doenças. O uso dos adubos químicos pode acarretar sua perda por lixiviação, onde esses são facilmente levados pela água da chuva, principalmente o nitrogênio e o potássio. A constatação da falta ou excesso desses elementos na planta resulta na acumulação demais açúcares e aminoácidos nas folhas, gerando com isso uma maior sensibilidade ao ataque de patógenos (CHABOUSSOU, 2006).

Segundo Resende et al. (2007), A adubação química, empregada no sistema de produção convencional, pode acarretar o desequilíbrio fisiológico da planta e ecológico do solo, alto custo bem como a dependência do agricultor. Pode afetar também os microorganismos responsáveis pela disponibilização de nutrientes presentes na matéria orgânica.

Mais um problema sério acrescido do cultivo convencional é a utilização imprópria dos solos. Entre os problemas mais comuns podem ser citados o cultivo em áreas inadequadas e/ou em áreas de preservação permanente, a utilização excessiva de agrotóxicos e fertilizantes químicos, assoreamento dos rios, entre outros (FERREIRA et al., 2003).

Outra questão inquietante no Brasil é a dependência de fertilizantes importados (NPK), e segundo projeção da MBagro (2007), a importação só tende a aumentar. Dados do ano de 1983 mostram que, do total de fertilizantes usado no Brasil, apenas 32% era importado. Em 2006, o valor mais que dobrou e chegou a 65%, sendo que a projeção para 2025 é que o país importe 86% de todo o fertilizante usado, o que afeta muito a sustentabilidade.

Ressalva-se ainda nesse sistema, a necessidade da aplicação de doses extremamente elevadas de fertilizantes, o que provoca de certa forma um desequilíbrio nutricional vultoso no solo, modificando-se substancialmente as propriedades químicas, e conseqüentemente biológicas do solo e fisiológicas da planta (CHABOUSSOU, 2006).

### **2.2.2 Sistema Orgânico**

A agricultura orgânica é um sistema de manejo sustentável, tem um enfoque sistêmico que preza pela preservação ambiental, a agrobiodiversidade, os ciclos

biogeoquímicos e a qualidade de vida humana. A agricultura orgânica aplica os conhecimentos da ecologia no manejo da unidade de produção, baseada numa visão holística da unidade de produção. Pode-se afirmar que, a unidade de produção neste sistema, é tratada como um organismo integrado com a flora e a fauna (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2012).

Alimentos adubados via sistema orgânico contêm menor teor de nitratos e nitritos, maior teores de matéria seca, macronutrientes, micronutrientes, vitamina C, aminoácidos essenciais, açúcares totais e compostos fenólicos, logo melhor qualidade sensorial quando equiparados aos cultivares de sistema convencional. No entanto, existem também aspectos negativos: as plantas cultivadas em sistemas orgânicos em geral, têm rendimentos 20% inferiores aos cultivos produzidos convencionalmente (REMBIAKOWSKA, 2007).

A adubação orgânica é importante fonte dos nutrientes N, K, P, S e micronutrientes (KIEHL, 1985). Todavia, as doses utilizadas dependem de características como: tipo, textura e estrutura do solo e da quantidade da matéria orgânica existente (KIMOTO, 1993; TRANI et al.,1997), e quando usada por vários anos subsecutivos, ocasiona um acúmulo de nitrogênio orgânico no solo, aumentando seu potencial de mineralização e sua disponibilidade para as plantas.

De acordo com Santos e Medeiros (2005), a adubação orgânica é considerada a base essencial para o sucesso da cultura do morangueiro, gerando maior produção de frutos, uma vez que, além de refletir sobre as características físico-químicas, a aplicação de esterco de curral curtido pode ser favorável ao desenvolvimento do morangueiro, por disponibilizar N e K.

Conforme dados da *International Federation of Organic Agriculture Movements* - IFOAM (2011), esse método de cultura vem sendo praticada em 160 países, em uma área de 37,2 milhões de hectares, um aumento de 6,2%, o número de agricultores envolvidos chega a 1,8 milhões, sendo dados remetentes ao ano de 2010. Tais dados demonstram como a agricultura orgânica vem crescendo no Brasil e no mundo, sendo correlacionado o maior conhecimento da população, que ao longo dos anos vem descobrindo os impactos e as consequências do manejo.

### **2.2.3 Ambiente Protegido**

Na agricultura a busca por novas tecnologias é constante, tanto para a garantia de uma boa colheita, e também para a produtividade e a qualidade dos produtos, correspondendo as novas tendências do mercado e garantindo rentabilidade ao agricultor.

Para a cultura do morangueiro, o ambiente protegido tem como função principal, proteger a cultura das baixas temperaturas e chuvas, evitando danos na floração e frutificação e ainda na redução na incidência de doenças foliares e nos frutos (MARTÍN, 1989).

Nas últimas décadas o cultivo em ambientes protegidos, tem aumentado consideravelmente, não só em nível de países desenvolvidos, mas também naqueles em desenvolvimento, objetivando obter produtos agrícolas de melhor qualidade e sem apresentar variação sazonal na produção (COSTA, 2009).

Conforme Galvani et al. (1998), o uso de ambientes protegidos cobertos com filmes plásticos ou sombrite, apresenta uma dupla função, que levam em consideração a localização geográfica do Brasil. A primeira se refere às regiões Sul e Sudeste, agindo como regulador da temperatura, suavizando o efeito causado por baixas temperaturas em culturas, propiciando a produção no período denominado de entressafra, regularizando desta forma, a oferta e da qualidade dos produtos (SENTELHAS; SANTOS, 1995; GALVANI et al., 1998).

E a segunda função, conforme o autor supracitado se dá para as outras regiões do Brasil, esses ambientes ocasionam maior controle da quantidade de água sobre a cultura, protegendo de chuvas de intensidade elevada, granizo e estresse provocado pela ação direta dos ventos.

Segundo Calvete e Tessaro (2008), a principal vantagem destes ambientes é a respeito do aumento da precocidade e produtividade das plantas. E como desvantagens, apresenta o aumento de concentração de sais no solo e a poluição dos plásticos, que na maioria das vezes são biodegradáveis.

O ambiente protegido tem os elementos micrometeorológicos modificados no seu interior, principalmente no que diz respeito à radiação solar, a velocidade do vento reduzindo a evapotranspiração (CALVETE et al., 2005). Para então, uma maior eficiência desse ambiente, é necessário compreender a interrelação da planta e destes fatores.

Dentre os principais elementos micrometeorológicos, os que mais modificam-se dentro deste ambiente é a radiação solar, a velocidade do vento reduzindo a

evapotranspiração. Tais alterações ocorrem devido ao filme plástico transparente que altera o balanço de radiação do sistema composto pela tríade planta, solo e atmosfera. Outro fator que é influenciado são as temperaturas, tanto máximas quanto mínimas, estas irão depender das condições externas do ambiente (CALVETE et al., 2005).

### 2.3 PARÂMETROS MICROMETEOROLÓGICOS EM CULTIVO PROTEGIDO

De acordo com Martinez Garcia (1986), não obstante as inúmeras vantagens que o ambiente protegido apresenta, uma das desvantagens é o comportamento térmico, sendo que durante o dia ocorrem temperaturas elevadas e, à noite, com frequência, ocorrem temperaturas inferiores às críticas das plantas cultivadas.

Anglés (2001) menciona que, com temperaturas excessivamente baixas tornam os processos lentos, acarretando pouca energia para as reações bioquímicas acontecerem de forma correta. Já com as temperaturas extremamente altas, ocorre alterações nos processos bioquímicos, ocasionando de proteínas, desorganização de paredes celulares (BJORKMANN, 1981 apud PINTO et al., 2007).

Para Sentelhas et al. (1999, p.), existem diferenças, tanto qualitativas quanto quantitativas, na densidade de fluxo de radiação solar pelos diferentes filmes de PVC. Geralmente um filme transparente transmite os raios solares sem dispersá-los, tendo como resultado a transmissão elevada da luz direta. Portanto, em regiões ou em épocas de elevada irradiância solar, pode induzir a queimaduras das folhas, flores e frutas (GUISELINI et al., 2004, p.32).

A variabilidade da umidade relativa do ar no interior de ambientes protegidos é dependente diretamente da temperatura do ar e da ventilação. Segundo Furlan (2001) altos valores de umidade relativa do ar reduzem a taxa de evapotranspiração da cultura, que quando coligado a altas temperaturas do ar geram condições favoráveis a ocorrência de doenças. Em contrapartida, valores muito baixos de umidade relativa atuam no efeito reverso das taxas de evapotranspiração, reduzindo assim a taxa fotossintética e a produtividade da cultura.

### 2.4 NUTRIÇÃO DA PLANTA

Os nutrientes minerais exercem papel essencial, e cada um tem sua função específica no metabolismo das plantas, função estrutural; como constituinte de enzima, parte de uma estrutura específica; ou como ativador de reações enzimáticas, não faz parte da estrutura, mas pode tanto ativar como inibir sistemas enzimáticos, afetando a velocidade de muitas reações no metabolismo vegetal (MARSCHNER, 2005).

Seguindo os critérios de essencialidade, os minerais tem importância igualitária para a produção vegetal, e baseada na proporção em que são exigidos e se acumulam na massa seca das plantas, podem ser macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl e Mo). Os micronutrientes devido à baixa concentração, não afetam diretamente a osmorregulação ou a sustentação do equilíbrio eletroquímico nas plantas (MARSCHNER, 2005; MALAVOLTA, 2006).

A nutrição e a adubação do morangueiro, congregada a utilização de outras técnicas, são importantes no sentido de melhorar a produtividade, a conservação pós-colheita e a qualidade físico-química dos frutos (GRASSI FILHO et al., 1999). Santos e Medeiros (2005) relatam que, a concentração de muitos nutrientes altera rapidamente durante os períodos de alta atividade metabólica, tais como os de florescimento e frutificação.

Wall (2006) verificou que o teor de um mineral tende a variar significativamente de uma região para outra sendo a mesma cultivar. As variabilidades nas análises minerais dos tecidos de frutos demonstram mais diferenças nos padrões de fertilização do que diferenças inerentes ao tipo de solo.

É indiscutível a importância da nutrição mineral adequada de qualquer tipo de planta. Cada nutriente desempenha sua função específica no crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

## 2.5 ZINCO E SUA IMPORTÂNCIA

O Zinco (Zn) está presente em todos os tecidos, órgãos, fluidos e secreções, mas em maior quantidade nos músculos esqueléticos e ossos. Esse mineral é essencial para a função de mais de 300 enzimas, participando do metabolismo de carboidratos, proteínas, lipídeos e ácidos nucléicos (SILVA; MURA, 2007).

É o metal de número atômico 30 e o 23º elemento mais abundante na Terra, sendo encontrado em praticamente todos os ambientes (CHANEY, 1993,

BROADLEY et al., 2007). Sua forma natural de entrada no substrato é através do intemperismo físico ou químico da rocha matriz do solo, se apresentando como Zn orgânico e inorgânico, e está disponível principalmente como  $Zn^{2+}$ , ou complexado com ligantes orgânicos (SANTOS, 2005, BROADLEY et al., 2007).

O zinco é um cofator nas reações enzimáticas e, portanto, participa de diversos ciclos bioquímicos das plantas, incluindo fotossíntese e formação de açúcar, síntese de proteínas, fertilidade e produção de sementes, regulação do crescimento e defesa contra doenças (SEGATTO, 2015)

A quantidade de zinco necessária para as plantas é infinitesimal, o que caracteriza esse elemento como um micronutriente. No entanto, essa quantidade mínima regula todo o crescimento vegetal, uma vez que entra na composição de diversas metaloenzimas e de hormônios essenciais para o desenvolvimento da planta (BORKERT, 1989).

Essas enzimas e hormônios têm papéis fundamentais em diversos ciclos bioquímicos das plantas relacionados ao metabolismo de carboidratos tanto durante a fotossíntese quanto na conversão de açúcares em amido, ao metabolismo de proteínas e de auxina (regulador de crescimento), à formação de pólen, manutenção da integridade de membranas biológicas e resistência às infecções por agentes patogênicos. O zinco também participa do metabolismo do nitrogênio.

O zinco é necessário para a formação do ácido indol acético (AIA), uma auxina que proporciona o crescimento das plantas. Na sua deficiência ocorre o encurtamento dos internódios, aparecem folhas cloróticas e pequenas. De uma maneira geral sua deficiência é corrigida com pulverizações foliares, ou ainda aplicando-o juntamente com os fertilizantes de plantio. No morangueiro não são característicos os sintomas de deficiência de zinco a não ser em situações de deficiência extrema (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). As auxinas estão entre as substâncias de crescimento vegetal produzidas por *Azospirillum* e outros gêneros, das quais o ácido indolacético (AIA) é a mais ativa e melhor caracterizada. O ácido indolacético é conhecido por produzir tanto respostas rápidas (aumento da alongação celular) como lentas (divisão e diferenciação celular) (DOBBELAERE et al., 2003).

## 2.6 PARÂMETROS NUTRICIONAIS DO FRUTO E BIOATIVOS (VITAMINAS C, E E ANTOCIANINAS)

Como fontes de vitaminas e minerais, as frutas contribuem para uma alimentação nutricionalmente adequada (FRANÇOSO et al., 2008). O morango está entre as frutas mais consumidas mundialmente. Pode ser consumido de forma natural, o que de fato agrega ainda mais seu valor nutricional, ou como ingrediente de várias preparações (DU et al., 2011; AABY et al., 2012). É fonte de vitamina C, potássio, cálcio e fósforo (FRANÇOSO et al., 2008; TACO, 2011).

O morango apresenta valor energético de 30 kcal por 100 g de fruta fresca, sendo constituído por vários componentes nutricionais (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO, 2011). Cita-se ainda, que é uma fonte de compostos bioativos como, Vitamina B9, Vitamina C, compostos fenólicos etc. Esses compostos são definidos por Kris-Etherton et al. (2002), como constituintes extranutricionais que ocorrem em pequenas quantidades nos alimentos.

Dentre esses compostos, merecem destaque os compostos fenólicos, pois apresentam diversas funções biológicas, entre as quais, a atividade antioxidante. Hollman (2001) mostra que as substâncias antioxidantes atuam na prevenção de doenças crônicas, como câncer e doenças cardiovasculares. Assim, sabendo-se que o morango apresenta tais compostos, esse pseudofruto torna-se uma alternativa saudável na alimentação humana, podendo ser um item básico da dieta.

Os alimentos funcionais, são de origem vegetal, e/ou ricos em um ou mais compostos bioativos, são caracterizados por conter fitoquímicos ou compostos não nutrientes com atividade biológicas que promovam a saúde tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica (PINELLI, 2009).

As frutas vermelhas estão entre os vegetais mais ricos em compostos bioativos, fontes de suma importância nas dietas, contribuindo com os compostos fenólicos (HAKKINEN, TORRONEN, 2000; HAKKINEN et al., 2000). É sabido que, uma dieta suplementada com antioxidantes, pode ser eficiente no combate a processos oxidativos naturais do organismo, denominadas radicais livres (DEGASPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Diz-se que no Brasil, a principal fruta vermelha produzida e consumida é o morango (PINELI, 2009).

Erlund et al., (2008) avaliaram o efeito do consumo de frutas vermelhas, incluindo 100 g de purê de morango, no período de oito semanas, nas funções

homeostáticas, nas concentrações de lipoproteínas no soro e na pressão arterial de indivíduos com fatores de risco associados e doenças cardiovasculares, e observaram redução significativa de agregação plaquetária e da pressão sanguínea sistólica, aumento significativo das concentrações de lipoproteínas de alta densidade (HDL) e de polifenóis plasmáticos.

Konczak e Zhang (2004) afirmam que estudos utilizando antocianinas purificadas ou extratos de antocianinas em sistemas *in vitro* experimentais ratificaram o grande potencial para a saúde desses pigmentos. Dos benefícios, incluem-se proteção contra lesões no fígado, diminuição da pressão arterial, melhorias na visão, ações antimicrobiana e anti-inflamatória etc. Descreveram que, junto a outros compostos fenólicos, são potentes sequestradores de radicais livres, no qual as antocianinas podem desempenhar significativo papel na prevenção de doenças relacionadas com o estilo de vida das pessoas, como câncer, diabetes, doenças neurológicas e cardiovasculares.

## 2.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DO PSEUDOFRUTO

Schwartz (2012) explica que, a qualidade físico-química e nutricional do fruto do morangueiro é determinada geneticamente e pode sofrer influência do ambiente de cultivo em função, de parâmetros com luz, temperatura e umidade relativa do ar, sistema agrícola de cultivo, adubações, tipo de solo, ponto de maturação na colheita, condições de armazenagem, transporte e embalagem.

O consumidor tem maior aceitação quando o produto apresenta melhores características físico-químicas, além de proporcionar aumento do rendimento no processo de industrialização. Desta forma, diversos fatores devem ser considerados para melhorar as características de qualidade, sendo da conservação pós-colheita e da produção na cultura do morangueiro, visto que aliar qualidade e alta produtividade disponibiliza melhores produtos ao consumidor final e é importante estímulo ao produtor (AZEVEDO, 2007)

### 2.7.1 Sólidos solúveis (SST)

O teor de sólidos solúveis (SST) indica a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa dos frutos. São habitualmente indicados em

°Brix e tendem a aumentar com o avanço da maturação. Correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, no caso dos alimentos, a água. São constituídos sobretudo por açúcares, variando conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os ácidos orgânicos não voláteis constituem os componentes mais abundantes do conteúdo total de sólidos solúveis, depois dos açúcares. A acidez titulável (ATT) é verificada por titulometria e os resultados expressos em porcentagem do ácido predominante (AZEVEDO, 2007).

Com o amadurecimento, comumente os frutos perdem rapidamente a acidez, no entanto em alguns casos, há um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em morango, o conteúdo em sólidos solúveis aumenta continuamente durante o desenvolvimento do fruto, passando de 5 °Brix de sólidos solúveis em frutos verdes e pequenos para 6 a 9 °Brix de sólidos solúveis em morangos maduros (KADER, 1991).

### **2.7.2 pH**

Além do papel na qualidade organoléptica dos frutos, os ácidos são de vital importância para a regulação do pH celular, influenciando a estabilidade das antocianinas e, conseqüentemente, apresentando um papel relevante na cor dos frutos. O ácido de maior concentração no morango maduro é o ácido cítrico, embora também se verifiquem quantidades consideráveis de ácido málico e em menor proporção, de ácido isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico e glicólico (AZEVEDO, 2007).

O pH representa o oposto da concentração de íons hidrogênio em um material (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A determinação do pH dos frutos é importante na definição da finalidade de uso das cultivares (CONTI et al., 2002). Frutos com pH baixo são mais indicados para indústria. A coloração dos frutos também é influenciadas pelo pH, sendo importante na estabilidade da antocianina e (HOLCROFT; KADER, 1999).

### **2.7.3 Umidade**

Sendo o componente mais abundante em morangos, a água (89 a 94%), torna o fruto altamente sensível à desidratação (OLÍAS et al., 1998). A umidade de um alimento relaciona-se com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode comprometer características do produto, como estocagem e embalagem.

#### **2.7.4 Vitamina C**

Dita como um componente nutricional importante e pode ser utilizado como um índice de padrão ou de qualidade de alimentos a vitamina C (ácido ascórbico) desempenha várias funções de importância no organismo humano, como formação do tecido conjuntivo, transporte de íons e proteção celular contra radicais livres. É encontrada amplamente nas folhas verdes escuras como brócolis e espinafre, e em frutos, principalmente na acerola, laranja, limão e morango (ROCHA, 2010).

Essa vitamina é um nutriente essencial por não ser sintetizada pelo organismo humano, sendo indispensável a sua ingestão através da dieta. Atua na fase aquosa como um excelente antioxidante sobre os radicais livres, mas não é capaz de agir nos compartimentos lipofílicos inibindo a peroxidação dos lipídeos (ODIN, 1997, p.47).

Seus índices podem variar em diferentes espécies de frutas, e também entre frutos de uma mesma espécie, sendo influenciados por fatores como as condições de solo, grau de maturação etc., podem influenciar a composição vitamínica dos frutos.

#### **2.7.5 Antocianinas**

Dos compostos fenólicos, a maior parte está representada pelos flavonoides, principalmente, as antocianinas (GIAMPIERI et al. 2012). Elas representam o grupo de compostos fenólicos mais relevante nos morangos, sendo responsáveis pela sua coloração vermelha. A concentração e a composição das antocianinas são, portanto, fundamentais para a qualidade sensorial de frutos e de seus produtos (AABY et al. 2012). Desempenham funções variadas nas plantas, podendo atuar na proteção à ação da luz, como antioxidante, no mecanismo de defesa e nas funções biológicas (LOPES, 2007).

Konczak e Zhang (2004) afirmam que estudos utilizando antocianinas purificadas ou extratos de antocianinas em sistemas *in vitro* experimentais confirmaram o grande potencial para a saúde desses pigmentos. Dos benefícios, incluem-se proteção contra lesões no fígado, diminuição da pressão arterial, melhorias na visão, ações antimicrobiana e anti-inflamatória etc. Relatam que, junto a outros compostos fenólicos, são potentes sequestradores de radicais livres, no qual as antocianinas podem desempenhar significativo papel na prevenção de doenças relacionadas com o estilo de vida das pessoas, como câncer, diabetes, doenças neurológicas e cardiovasculares.

Estudos de Hassimotto et al. (2005) e Pinto, Lajolo e Genovese (2008) observam também a influencia das antocianinas sobre a capacidade antioxidante de morangos, comprovando que estas são responsáveis por 52% a 92% do conteúdo total de flavonóides.

Os teores de antocianinas totais presentes nos frutos de morango, apresentam grandes variações de acordo com os dados disponíveis na literatura. Segundo Clifford (2000), estes teores podem variar de 15 a 35 mg.100 g<sup>-1</sup> de fruto fresco, sendo que essa variação está fortemente associada a fatores edafoclimáticos, sazonalidade, grau de maturação além do tipo de cultivar (DA SILVA et al. 2007; MEYERS et al. 2003).

Conforme os autores supracitados, essas variações estão fortemente relacionadas com fatores edafoclimáticos, grau de maturação, sazonalidade, além da variedade do cultivar. Da mesma forma, Chaves (2014), reitera que não apenas fatores genéticos estão envolvidos nessas diferenças, visto que o local de cultivo pode alterar a concentração de antocianinas totais.

## 2.8 APONTAMENTOS SOBRE O AGRONEGÓCIO E A PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA

De acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT) (2010), o Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de alimentos e o terceiro maior exportador de produtos agrícolas.

No País o agronegócio demonstra a retomada do crescimento econômico baseada no desenvolvimento sustentável aliado ao conhecimento científico e

tecnológico, esse segmento representa para economia 20% a 30% do Produto Interno Bruto (PIB) (AGROLINK, 2010).

Segundo Raulino e Meireles (2009 p. 233), “o Brasil pode ser considerado um celeiro mundial em termos de agronegócio”. Os principais pontos fortes para tal afirmação são: a disponibilidade de terras e água doce, clima favorável, recursos humanos, gestão e capacidade de geração de tecnologia e produção, conhecimento da agricultura tropical e o desenvolvimento sustentável (CRUVINEL, 2009).

O custo da produção agrícola é parte essencial para a gestão do empreendimento rural e o seu acompanhamento pelo Estado é importante para a formulação, implementação e avaliação de políticas públicas (BRASIL, 2010).

O destaque dado ao agronegócio nos últimos anos se dá devido a expansão da produção agropecuária e ao aumento das exportações de commodities agrícolas. Com a aplicação de novas tecnologias aplicadas a produção rural, houve um aumento no interesse e da investigação científica sobre o agronegócio. O Brasil tem tido iniciativas promissoras para a “definição, tratamento, organização e divulgação de informações indicadores voltados às atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação de Pesquisa e Desenvolvimento” (BATALHA et al., 2009).

As inovações tecnológicas tendem a influenciar nesse cenário significativamente. O país carece elevar a produtividade e a agregação de valor aos produtos de origem agrícola. Para tanto, são imprescindíveis avanços na capacidade de gerar e difundir o uso de conhecimentos científicos, tecnológicos e de inovações em todo o complexo industrial (RESCH; FARINA, 2015).

Entre as novas tecnologias que estão sendo desenvolvidas para o setor agroalimentar esta a nanotecnologia. Segundo estimativas de Renn e Roco (2006), a partir de 2020, a nanotecnologia deverá ser utilizada em sistemas nanomoleculares, atingindo o mercado em massa.

Novas iniciativas como a Rede Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNano), surgem no Brasil. Desta forma, o país vem aprimorando o seu Sistema Nacional de Inovação (RESCH; FARINA, 2015).

Conforme os autores supracitados, dadas as possibilidades de inovação a partir do uso da nanotecnologia e uma possível revolução no mercado, fazem-se necessário para a área da Ciência Social aplicada da Administração conhecer o mapa dessa ciência que traz a perspectiva multi e interdisciplinar no setor agroalimentar.

#### 4.9 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA APLICADA A PRODUÇÃO VEGETAL: ASPECTOS CONCEITUAIS E HISTÓRICOS, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Conforme o autor Van de Koken (2006), o termo nano etimologicamente vem do grego e significa anão, definindo a nanotecnologia a grosso modo como a tecnologia relacionada a algo bastante pequeno.

Para o primeiro pesquisador na área Norio Taniguchi, a nanotecnologia tem a definição “[...] produção tecnológica que permite chegar a ultra precisão em tamanhos ultra pequenos de aproximadamente 1nm [...]” (TANIGUCHI, 1974, apud NT-MDT, 2011).

A nanotecnologia é vista comumente como um novo e seguro campo emergente, que envolve manufatura, processamento e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas para controlar forma e tamanho em escala nanométrica. O tamanho minúsculo das nanopartículas, de 1 a 100 nanômetros, combinante com a composição química e a estrutura da superfície, proporciona-lhes uma característica peculiar e um vasto potencial de aplicações (BOUWMEESTER et al., 2009).

Dentre as inúmeras vantagens atribuídas às nanotecnologias, cita-se a promoção do equilíbrio ambiental e a agregação de valor às cadeias produtivas de alimentos, pela substituição de produtos não degradáveis derivados do petróleo por nanocompósitos, nanofibras, filmes biodegradáveis e partículas de liberação controlada de nutrientes e agrotóxicos (MATTOSO, 2005) e os avanços na medicina, como a possibilidade de facilitar a investigação, melhorar os estudos moleculares com imagens, detectar precocemente, prevenir e tratar o câncer (NATIONAL CANCER INSTITUTE, 2008).

A ciência da nanotecnologia abrange diversos campos, como física, química, ciência dos materiais e engenharia, e tem revolucionado tecnologicamente muitos setores da indústria: tecnologia da informação, energia, ciência ambiental, medicina, segurança alimentar, transporte e outros. Com técnicas de preparação, caracterização e manipulação em escala nanométrica, pode-se identificar, originar ou transformar compósitos, nanofibras, filmes biodegradáveis e partículas de liberação controlada de nutrientes e agrotóxicos, com habilidade de substituição de produtos não degradáveis derivados do petróleo (MATTOSO, 2005).

Conforme García et al. (2010), os efeitos benéficos das nanotecnologias são bem descritos, ao inverso dos possíveis efeitos toxicológicos e impactos dos nanomateriais, que recebem menos atenção do que deveriam.

O termo nanofood, sendo nanoalimento remete-se a alimentos que foram cultivados, produzidos, processados ou embalados utilizando-se técnicas ou instrumentos nanotecnológicos, ou adicionados nanomateriais manufaturados (JOSEPH, MORRISON, 2006). As nanotecnologias podem ser concentradas em todas as etapas de processamento de alimentos. Na produção primária, pode-se utilizar substâncias químicas formuladas, objetivando aumentar a sua eficácia em relação as convencionais nanomateriais na purificação de água e limpeza do solo.

Para Bouwmeester et al. (2009), alimentos funcionais podem ter em sua composição a adição e suplementação de nanomateriais, com sistema de liberação programado, designado a aumentar a eficácia de compostos bioativos.

O mercado usa diferentes termos para alimentos acrescidos e/ou que utilizaram em seu processamento a nanotecnologia, como “nanoalimento” ou “alimento ultrafino”, mas é muito difícil identificar qual produto pode ser realmente chamado de “nano” (GARCIA et al., 2010).

Como um passo para o estabelecimento de critérios regulatórios, é necessário que sejam considerados diversos fatores em conjunto, como o tamanho do material, o processo, as propriedades físico-químicas, a segurança e os riscos (JOSEPH, MORRISON, 2006).

## 2.10 NANO ÓXIDO DE ZINCO

Apesar da importância do Zinco para as plantas, poucos trabalhos são desenvolvidos utilizando modos e doses deste nutriente para satisfazer as exigências nutricionais das culturas. As pesquisas conduzidas estão restritas à cultura do milho e, ainda assim, não são suficientes para fundamentar o modo de aplicação de Zn, comparando as técnicas tradicionais via solo e foliar (TAIZ; ZIEGUER, 2004).

O começo da nanotecnologia, como outras tecnologias, em específico os transgênicos, prenunciou revolucionar o setor agrícola, desde a produção até a distribuição de alimentos, além de originar o desenvolvimento de novos materiais, produtos e aplicações de nanotecnologia, é visto que, ainda há poucas aplicações

voltadas para o agronegócio, e isso se dá, pois essa ainda é uma área tecnológica nova e emergente (RAMOS, 2012).

Conforme Dulley (2006), o emprego da nanotecnologia no agronegócio pode levar o setor agrícola a profundas transformações, acelerando sua industrialização, para isso será necessária a interação de tecnologias como: a biotecnologia, a nanotecnologia, a informática e a microeletrônica.

Um material bastante promissor na área de nanotecnologia é o Óxido de Zinco (ZnO), devido suas potenciais propriedades químicas, ópticas, mecânicas, elétricas e magnéticas. Suas propriedades são dependentes da sua microestrutura e são determinadas principalmente pela morfologia e tamanho do material (MAYRINCK et al., 2014)

Segundo o autor supracitado, como as propriedades do ZnO são fortemente dependentes de sua estrutura e morfologia, elas são classificadas segundo o tamanho, orientação e densidade de cristal. Estas características estruturais que determinam o desenvolvimento de metodologias de síntese controlada de ZnO, são indispensáveis para explorar o seu potencial com material nanoestruturado.

O Óxido de Zinco é um material de baixo custo, estável e de baixa toxicidade, suas propriedades potencializam a aplicação como dispositivos ópticos-eletrônicos, sensores químicos e biosensores, este têm uma vasta área de aplicações, como sensores de gases (BARUWATI et al., 2006), células solares (BEEK et al., 2004), entre outras.

Na agricultura observa-se que uma grande quantidade de frutas se deteriora rapidamente graças a patógenos de plantas. Portanto, é necessário desenvolver novas estratégias baseadas na nanotecnologia para que as frutas possam ficar livres de doenças microbiais e sua vida útil possa aumentar (RAI, 2013).

O uso do Óxido de Zinco em nanopartículas vem de encontro com a estratégia acima citada, pois este nutriente está diretamente ligado a fatores de crescimento, desenvolvimento e qualidade nutricional dos frutos, sabendo-se que, sua falta pode gerar a diminuição da resistência das plantas a doenças, reduzir a produtividade e a qualidade dos vegetais, ocasionando até mesmo um retardo e redução no crescimento, gerando plantas mal formadas.

De acordo com Mayrinck et al. (2014), pesquisas sobre ZnO se intensificaram no final da década de 70 e vêm crescendo desde então. Somente em 2013 foram publicados mais de 2500 trabalhos sobre ZnO nanoestruturado, o que o coloca

como um material de altíssimo interesse para as mais diversas aplicações tecnológicas atuais.

## 2.11 IMPACTOS SOCIAIS E ÉTICOS DA NANOTECNOLOGIA E A FALTA DE PESQUISA E REGULAMENTAÇÃO

A apreensão ou sua falta nos dias atuais com os plausíveis riscos da aplicação da nanotecnologia na produção de alimentos remete à grande polêmica mundial nos anos 1990, a respeito dos alimentos transgênicos e seus riscos. Os autores Nodari e Guerra (2003) relatam a experiência com agroquímicos, a partir da Segunda Guerra Mundial, e o perigo da aplicação desta tecnologia sem a cumprimento de testes apropriados, pois os seus nefastos efeitos só foram conhecidos após.

Conforme a Grupo de Ação sobre Erosão, Tecnologia e Concentração (ETC-GROUP, 2005). A voracidade por patentes de produtos e processos em nanoescala pode significar megamonopólios, porém envolvem todos os setores da indústria, desestabilizando o comércio e a vida dos trabalhadores mais pobres e mais vulneráveis, que não têm flexibilidade econômica para responder a demandas imediatas de novas habilidades ou diferentes matérias-primas.

Dados do Grupo de Ação sobre Erosão, Tecnologia e Concentração (ETC GROUP, 2004), entre os mais vulneráveis estão os pequenos agricultores e trabalhadores agrícolas dos países subdesenvolvidos, que produzem commodities não beneficiadas pela exportação.

A falta de regulação específica sobre nanotecnologia tem movido diversas entidades representativas da sociedade mundial a reivindicarem moratória aos produtos nanotecnológicos (DULLEY, 2006).

Apesar da inexistência de legislação específica sobre a aplicação das nanotecnologias na produção de alimentos, as normas da legislação brasileira de alimentos podem, ao menos, parcialmente, serem utilizadas para a proteção da saúde dos consumidores e dos trabalhadores e a preservação do meio ambiente.

A discussão sobre os limites sociais e a regulação jurídica, segundo Berger Filho (2010), envolve o estudo de diferentes disciplinas e valores, que norteiam a produção legislativa, as políticas públicas e as decisões judiciais. O autor reconhece

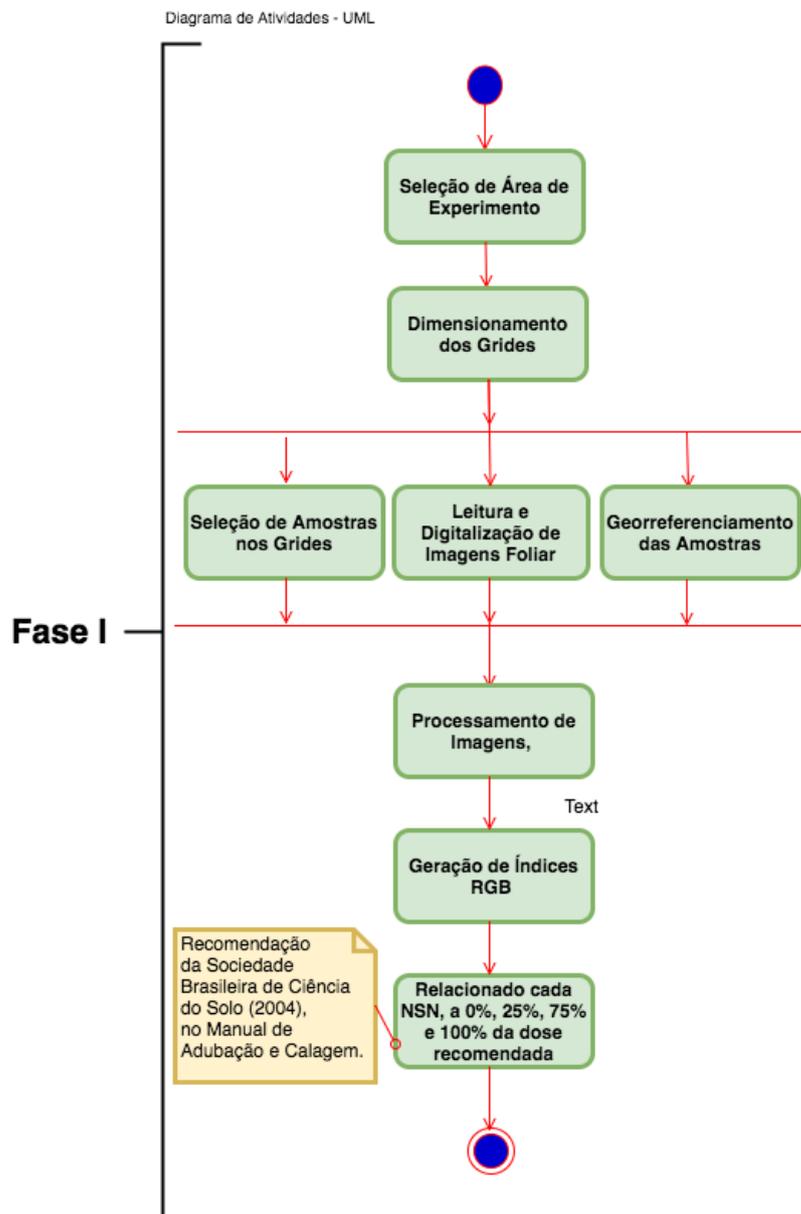
“a dificuldade para se regulamentar algo desconhecido pela sociedade e pelos juristas”.

O autor acima citado ainda reitera que a falta de legislação específica sobre as nanotecnologias tem levado diversas entidades representativas da sociedade e dos trabalhadores de várias partes do mundo a reivindicarem a adoção do Princípio da Precaução e a participação pública efetiva nas tomadas de decisões a seu respeito, entre outras questões.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

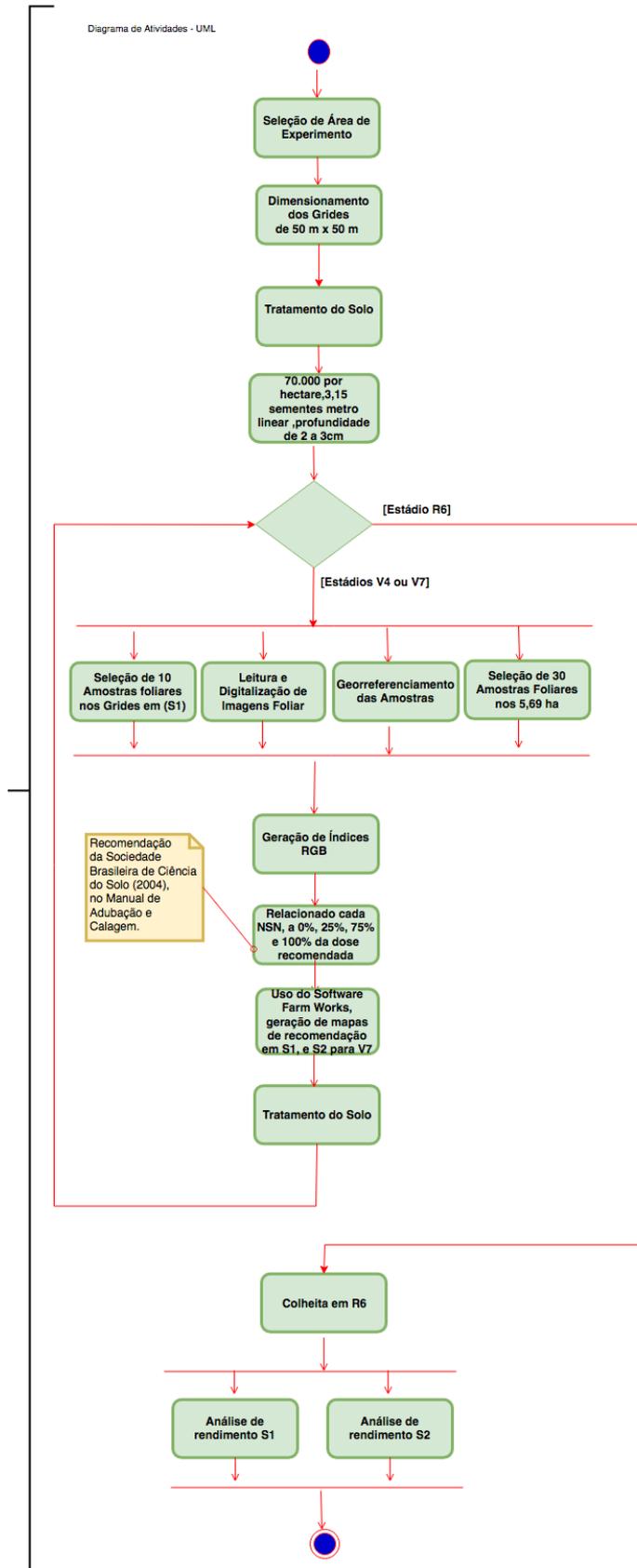
A presente pesquisa foi organizada em duas fases: i) Clorofilometria por imagem digital aplicada à cultura do milho (PEREIRA, 2016) e ii) Fertilização nitrogenada da cultura do milho com base em georreferenciamento e clorofilometria por imagem digital – *RGB*. As Figuras 24 e 25 apresentam os diagramas de atividades representativos das principais etapas da pesquisa e na sequência são apresentados os respectivos detalhamentos.

Figura 24 – Diagrama representativo da fase I da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 25 – Diagrama representativo da fase II da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

## 3.1 CLOROFILOMETRIA POR IMAGEM DIGITAL APLICADA À CULTURA DO MILHO

### 3.1.1 Local do experimento

O experimento foi executado na propriedade do Sr. Paulo Sérgio Furlan, localizada na Linha Pinheirinho, município de Nova Erechim/SC, safra 2014/2015, de acordo com as respectivas coordenadas geográficas: Latitude 26°53'865"; Longitude 052°55'283" e Altitude de 471 m (GOOGLE EARTH, 2015).

### 3.1.2 Clima

O clima da região é do tipo Cfa na classificação de Köppen, ou seja, subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (PANDOLFO et al., 2002).

### 3.1.3 Solo

O solo da região caracteriza-se como LATOSSOLO Vermelho distrófico típico com textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013). Em junho de 2014, foi realizada a amostragem de solo com pá-de-corte em cinco pontos aleatórios/repetição. Em cada ponto foram coletadas três sub amostras nas profundidades de 00-05, 05-10 e 10-20 cm, totalizando 15 amostras/repetição, conforme instruções do Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Epagri-Cepaf, que seguem os métodos propostos por Tedesco et al. (1995) (ANEXO 1). Após a interpretação dos resultados da respectiva análise, o solo foi corrigido conforme as necessidades do mesmo.

### **3.1.4 Tratamentos**

As avaliações do híbrido AS1666 VT PRO 3™ em relação aos níveis de suprimento de nitrogênio foram realizadas conforme os seguintes tratamentos:

- Estádios de Desenvolvimento (ED): tratamentos em V4 e V8 leituras em V6 e V10. Em V4, com três e quatro folhas completamente desenvolvidas – somente correção do solo e sem administração de adubação nitrogenada, para amostras utilizadas como testemunha. Em V6 e V10, com adubação nitrogenada indicada conforme os croquis respectivos.
- Níveis de Suprimento de Nitrogênio (NSN) administrados: 0% (Testemunha); 25% da Dose Recomendada (DR); 50% da DR; 75% da DR e 100% da DR (Consumo de Luxo).

### **3.1.5 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas com três repetições, totalizando 30 parcelas. Os estádios de desenvolvimento (ED) foram locados nas parcelas principais e os níveis de suprimento de nitrogênio (NSN), nas sub parcelas. As parcelas do experimento foram constituídas de 6 fileiras de 3,0m de comprimento e 0,7m nas entrelinhas, perfazendo uma área total da parcela de 10,5m<sup>2</sup>. Como área útil foram utilizadas as duas linhas centrais, sendo eliminadas a título de bordadura 1,0m de cada extremidade, com 0,7m<sup>2</sup>.

### **3.1.6 Tratos culturais**

#### **3.1.6.1 Cultura antecessora**

A área do experimento antecedendo a semeadura do milho passou o inverno em pousio, sendo que na safra do ano anterior havia milho na safra e soja na safrinha.

### 3.1.6.2 Dessecação

A área do experimento foi dessecada no dia 12/08/2014, utilizado herbicida *Glyphosate* (Glifosato), não seletivo na dosagem de 4L/ha.

### 3.1.6.3 Propriedade do híbrido

O híbrido AS1666 VT PRO 3™ é de ciclo super precoce, cor do grão amarelo-alaranjado e com textura semi dentado. Híbrido ideal para semeadura no cedo, abertura de zoneamento agrícola do material, o qual responde muito bem ao manejo agrônômico: população de plantas, fertilização, controle de plantas daninhas, pragas e moléstias (excelente sanidade foliar). A densidade para o híbrido AS1666 VT PRO 3™ recomendada na região de Nova Erechim é de 65 mil plantas por hectare (AGROESTE, 2016).

### 3.1.6.4 Sistema de cultivo

O híbrido AS1666 VT PRO 3™ com diferentes NSN em cobertura foi semeado em área de sistema de semeadura direta consolidado.

### 3.1.6.5 Semeadura

Com a utilização de estacas de madeira e corda foi delimitado perímetro das parcelas. A adubação na linha (de base) foi realizada com auxílio de trator e com semeadora da marca “Semeato” de 7 linhas e distanciadas entre si a 0,45 m.

A semeadura foi realizada no dia 17/09/2014, de forma manual com auxílio de semeadora conhecida como “matraca” com a finalidade de controlar a densidade e distribuição das sementes.

A população de plantas utilizada foi de 70.000 plantas por hectare, utilizando-se 3,15 sementes por metro linear na profundidade de 2 a 3 cm.

### 3.1.6.6 Desbaste

Foi realizado no estágio V3 a fim de uniformizar e respeitar a densidade de plantas por área. Na semeadura utilizaram-se duas sementes por cova e o critério utilizado foi à escolha da planta mais vigorosa.

### 3.1.6.7 Fertilização nitrogenada (NSN)

Em relação aos diferentes NSN, a fertilização foi realizada na base de forma “tratorizada” e em cobertura de forma “manual”, nas respectivas doses referentes ao nutriente nitrogênio (N): 165 Kg/ha, sendo 30 Kg/ha na base e 135 Kg em cobertura; para uma expectativa de rendimento de 9 toneladas por hectare.

Cada dose foi dividida em duas aplicações, sendo a primeira realizada no dia 27/10/2014, entre os estádios fenológicos V3-V4 e a segunda aplicação foi realizada no dia 16/10/2014, entre os estádios fenológicos V6-V7. A fonte de N utilizada foi à ureia (45% N).

### 3.1.6.8 Tratamentos fitossanitários

Os tratamentos fitossanitários foram efetuados conforme exigências da cultura com monitoramento e observação constante da área do experimento, houve a necessidade de aplicação de inseticida Deltametrina para o controle de *Diabrotica speciosa*, em estágio V2 da planta.

## 3.1.7 Variáveis respostas

### 3.1.7.1 Leitura do teor de clorofila com medidor portátil

Foram aplicados diferentes NSN para criar variabilidade nos teores de nitrogênio na folha de milho, em dois estádios de desenvolvimento do milho (estádio de seis a sete folhas e no estágio de 10 a 11 folhas, utilizando-se cinco folhas por sub parcela), determinados com base em leituras efetuadas por clorofilômetro e de acordo com metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

As leituras com medidor de clorofila foram realizadas nos estádios V6 e V10, de forma que no estádio V6 as leituras foram realizadas na última folha expandida, enquanto no estádio V10 as leituras foram realizadas na folha-índice (primeira abaixo da espiga), com quatro amostras obtidas de cada planta, em cada uma das áreas úteis de cada parcela, em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha amostrada, a partir da base, e a aproximadamente 2 cm de uma das margens da folha (PEREIRA, 2016).

#### 3.1.7.2 Teores de nitrogênio (N), clorofila a, b e total extraível na folha

De cada folha retirou-se um disco de 1,33 cm<sup>2</sup> da região onde são efetuadas as leituras com o clorofilômetro e obtidas às imagens. A extração de clorofila foi realizada com 10 mL de N-N-Dimetilformamida (DMF) durante um período de cinco dias.

As demais folhas foram utilizadas para a retirada dos discos para extração de clorofila, que foram secos em estufa a  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  até atingir peso constante. O teor de N foi determinado de acordo com metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), de forma que esta metodologia possibilita determinar cinco macro elementos com uma digestão por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> com mistura de digestão (PEREIRA, 2016).

#### 3.1.7.3 Biomassa da planta

A biomassa foi determinada na coleta das plantas durante os estádios V4, V6 e V10 ou espigamento. Cortaram-se as plantas rente ao solo, armazenadas em sacos de papel identificadas e transportadas ao laboratório de solos da Unochapecó para realizar a secagem do material. As plantas foram secas em estufa a 65°C até atingirem peso constante.

#### 3.1.7.4 Rendimento

As espigas da área útil foram colhidas manualmente, trilhadas em debulhador manual com separação das impurezas. Logo após os grãos foram submetidos à determinação da umidade na Cooperativa Agroindustrial Alfa, corrigidos a 13% de base úmida, efetuando-se os cálculos para estimar o rendimento em kg/ha.

### 3.1.7.5 Coleta das imagens

A coleta das imagens, obtidas das amostras das folhas de milho, foi realizada com scanner portátil *Iriscan Book3*, colocadas sobre uma prancheta fosca de eucatex, forrada em ambos os lados com papel duplex preto e sobre o papel preto, papel duplex branco, visando eliminar problemas de luminosidade e reflectância. As imagens foram obtidas de cada uma das plantas georreferenciadas, imediatamente após a leitura do teor de clorofila das plantas, realiza por um clorofilômetro da marca *Konica-Minolta, SPAD-502* (PEREIRA, 2016).

De acordo com o mesmo autor, as imagens foram coletadas, classificadas e relacionadas em um banco de dados, com o estágio de desenvolvimento da planta e com os níveis de suprimento de nitrogênio. O fundo de todas as imagens foi limpo, permanecendo somente a circunferência utilizada para tomar as medidas médias para os valores de *R*, *G* e *B* de cada imagem.

### 3.1.7.6 Quantificação dos valores de *R*, *G* e *B*

A quantificação dos valores médios de *R*, *G* e *B* foi realizada através de *software* desenvolvido para tal, utilizando-se banco de dados *PostgreSQL*, *framework Ruby on Rails*, integrado ao *software ImageMagick* pela *gem Rmagick*, todos os *software* de código aberto. O *software* recebe como parâmetro a imagem, tratando-a como uma matriz de *pixels*. Para cada *pixel* são obtidos os valores de *R*, *G* e *B* e por fim os valores médios de *R*, *G* e *B* de cada imagem são calculados. A aplicação implementa o método “cores” que utiliza a classe *pixel* e os métodos da classe *red*, *green* e *blue* para obter os valores *RGB* de cada imagem. O código faz as chamadas para as *gems* necessárias, inicializa as variáveis *R*, *G* e *B*, recebe o identificador de tupla do banco com os valores da amostra (imagem da folha do milho) e a variável *image* recebe a *url* da imagem em questão. A partir disto é enviada uma chamada ao *ImageMagick* para utilização da classe *pixel* e métodos.

As variáveis *val\_R*, *val\_G* e *val\_B* recebem o somatório de *R*, *G* e *B* respectivamente e esses valores são atualizados no banco de dados, nas colunas respectivas, *R*, *G* e *B* da tabela “amostras”.

A aplicação também implementa um segundo método, realizado em lote, que retorna para o banco de dados os valores de  $R$ ,  $G$  e  $B$  de todas as imagens, o tamanho destas imagens, e o número de *pixels* de cada uma delas.

Estes dados são usados posteriormente em consultas ao banco de dados e retornam os valores médios de  $R$ ,  $G$  e  $B$  para as imagens agrupadas por híbrido e por estádio, a fim de gerar uma escala de clorofilometria.

### **3.1.8 Análise estatística**

Após o processamento de imagens e população da base de dados, os dados coletados foram submetidos à análise de variância e correlação linear simples. A ANOVA foi realizada para os fatores dependentes cor vermelha –  $CORR$ , cor verde –  $CORG$  e cor azul –  $CORB$ , com relação a estádios e NSN e interações entre estes fatores.

Os valores médios obtidos para  $R$ ,  $G$  e  $B$  também foram submetidos à correlação linear simples com os seguintes fatores:  $SPAD$ ,  $N$ , massa seca, rendimento e absorvância de clorofilas  $a$ ,  $b$  e total. Toda a análise estatística foi gerada pelo *software Statística 7.0*, desenvolvido por *Stat Soft Inc*.

## **3.2 FERTILIZAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO POR IMAGEM DIGITAL – RGB**

### **3.2.1 Caracterização do experimento**

Na lavoura de milho localizada ao lado da área experimental na propriedade do Sr. Paulo Sérgio Furlan, localizada na Linha Pinheirinho, município de Nova Erechim/SC, foram projetados dois Sistemas Agrícolas de Produção Vegetal - SAPS (S1: georreferenciado e S2: convencional) (Figuras 26 e 27).

Figura 26 – Sistemas agrícolas de produção vegetal – SAPS (S1: georreferenciado)



Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

Figura 27 – Sistemas agrícolas de produção vegetal – SAPS (S2: convencional)

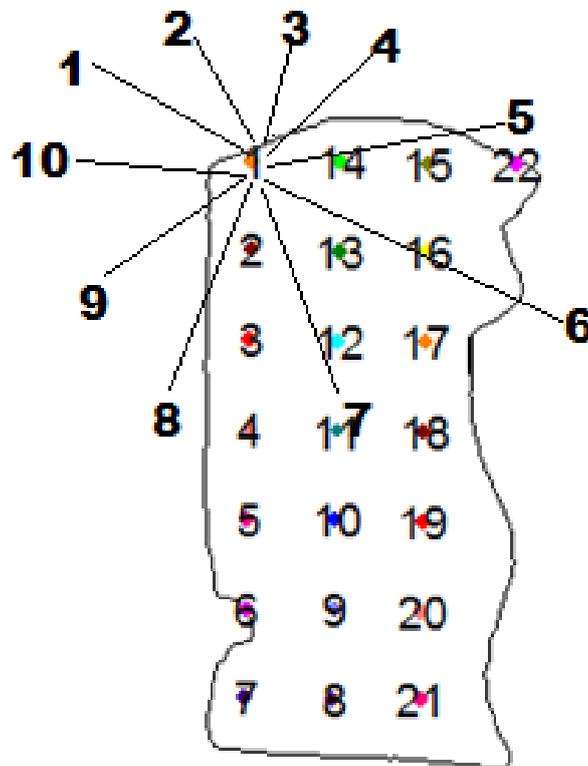


Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

### 3.2.2 Mapeamento da área e georreferenciamento das lâminas foliares

No sistema S1 foi realizado o mapeamento da área com auxílio do *software Farm Works™ Mapping*. A malha utilizada foi quadrangular (grides) de 50 m x 50 m totalizando 1 ponto por 0,25 ha com uma média de 10 sub amostras de lâminas foliares de milho escaneadas via scanner portátil, por ponto, de forma a configurar uma melhor distribuição espacial dos pontos na área (Figura 28).

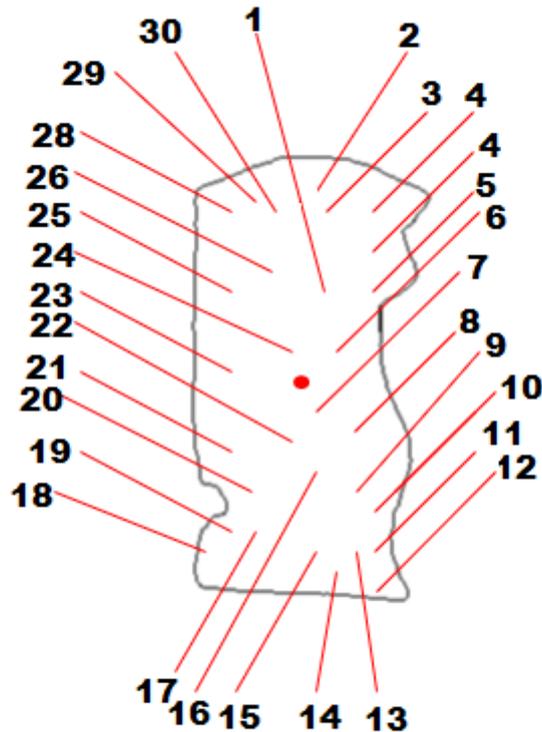
Figura 28 – Mapeamento da área e georreferenciamento das lâminas foliares do SAPS S1



Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

Para o sistema S2 a amostra composta foi formada a partir da coleta de 30 sub amostras de lâminas foliares de milho escaneadas via scanner portátil na área de 5,69 ha (Figura 29).

Figura 29 – Mapeamento da área e georreferenciamento das lâminas foliares do SAPS S2



Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

Cada SAPS (S1 e S2) seguiu às orientações técnicas de acordo com as instruções do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

### 3.2.3 Tratamentos

As avaliações do híbrido AS1666 VT PRO 3™ em relação aos diferentes SAPS foram realizadas conforme os seguintes tratamentos: SAPS (S1): georreferenciado e SAPS (S2): convencional.

### **3.2.4 Tratos culturais**

Os tratos culturais foram realizados conforme as indicações técnicas para os diferentes SPAS da cultura do milho (CRUZ et al., 2009).

### **3.2.5 Scanner das lâminas foliares**

O escaneamento das lâminas foliares do híbrido AS1666 VT PRO 3™ foi realizado nos estádios fenológicos V4 e V7, um dia antes das aplicações de N em cobertura. A coleta das imagens das lâminas foliares do respectivo híbrido foi realizada na última folha completamente expandida (baixo para cima) na metade a dois terços do comprimento da folha amostrada, a partir da base, e a aproximadamente 2 cm de uma das margens da folha.

### **3.2.6 Recomendação da fertilização nitrogenada**

Com as escalas de cores do AS1666 VT PRO 3™, foi realizado emprego de algoritmo, visando a recomendação da fertilização nitrogenada a partir das imagens digitais por *RGB*.

### **3.2.7 Rendimento**

Quando as plantas entraram em maturação fisiológica (ponto ideal de colheita) foi realizada a colheita e a determinação do rendimento nos SAPS S1 e S2. Em uma área útil de 0,7m<sup>2</sup>, de acordo com cada ponto georreferenciado, as espigas foram colhidas manualmente, trilhadas e separadas as impurezas, logo após os grãos foram submetidos à determinação da umidade, corrigidos a 13% de base úmida, efetuando-se os cálculos para estimar o rendimento em kg/ha (VIDOR, 2015).

### 3.2.8 Elaboração de mapas

Com o software *Farm Works™ Mapping*, o qual interpola dados por “krigagem” foram elaborados os respectivos mapas:

- Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S1);
- Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S2);
- Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S1);
- Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S2);
- Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V4 no SAPS (S1);
- Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V4 no SAPS (S2);
- Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V7 no SAPS (S1);
- Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V7 no SAPS (S2);
- Mapa de rendimento no SAPS (S1);
- Mapa de rendimento no SAPS (S2).

### 3.2.9 Análise econômica

A dose de MEE (máxima eficiência técnica) com critério de capital ilimitado foi baseada no preço do kg do fertilizante nitrogenado (ureia) e no preço do kg de grão da cultura do milho (SCHLINDWEIN; GIANELLO, 2005 apud VALADÃO JÚNIOR et al., 2008).

### 3.2.10 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística descritiva com a elaboração de histogramas, de acordo com Molin e Trevisan (2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CLOROFIOMETRIA POR IMAGEM DIGITAL APLICADA À CULTURA DO MILHO

No Quadro 1, observam-se as correlações para os fatores Clorofila a (CLA), Clorofila b (CLB), Clorofila total (CLT), vermelho (CORR), verde (CORG), azul (CORB), *Soil Plant Analysis Development* (SPAD), Nitrogênio (N), Massa Seca (MS) e rendimento (REND), determinados no experimento (Nova Erechim/SC - Safra 2014/2015)

Quadro 1 – Coeficientes de correlação linear (Pearson) do experimento

Correlations (AS1666)												
Marked correlations are significant at $p < .05000$												
N=45 (Casewise deletion of missing data)												
Include condition: HIBRIDO='AS1677' AND ESTADIO='V10'												
Variable	ESTADIO	NSN	BLOCO	CLA	CLB	CLT	CORR	CORG	CORB	SPAD	N	MS
ESTADIO	1,00	0,00	0,00	-0,07	0,14	-0,01	0,69	0,13	-0,36	0,03	0,02	-0,46
NSN	-0,00	1,00	0,00	0,51	0,33	0,48	0,08	-0,54	0,44	0,50	0,61	0,28
BLOCO	0,00	0,00	1,00	0,12	0,17	0,13	-0,01	-0,13	0,11	0,03	0,05	0,10
CLA	-0,07	0,51	0,12	1,00	0,83	0,99	-0,26	-0,88	0,84	0,96	0,62	0,72
CLB	0,14	0,33	0,17	0,83	1,00	0,91	-0,05	-0,84	0,73	0,84	0,48	0,44
CLT	-0,01	0,48	0,13	0,99	0,91	1,00	-0,21	-0,90	0,84	0,96	0,61	0,66
CORR	0,69	0,08	-0,01	-0,26	-0,05	-0,21	1,00	0,24	-0,56	-0,22	-0,05	-0,72
CORG	0,13	-0,54	-0,13	-0,88	-0,84	-0,90	0,24	1,00	-0,94	-0,88	-0,61	-0,64
CORB	-0,36	0,44	0,11	0,84	0,73	0,84	-0,56	-0,94	1,00	0,83	0,54	0,81
SPAD	0,03	0,50	0,03	0,96	0,84	0,96	-0,22	-0,88	0,83	1,00	0,58	0,66
N	0,02	0,61	0,05	0,62	0,48	0,61	-0,05	-0,61	0,54	0,58	1,00	0,36
MS	-0,46	0,28	0,10	0,72	0,44	0,66	-0,72	-0,64	0,81	0,66	0,36	1,00

Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Pereira (2016).

De acordo com o Quadro 1, é possível perceber que não existe correlação significativa ( $p > 0,05$ ) do fator CORR em relação aos resultados obtidos para clorofilas, SPAD, N, massa seca e rendimento. Em contrapartida, para as CORB e CORG as correlações são significativas ( $p \leq 0,05$ ) quando comparados com as respectivas variáveis. A correlação negativa entre CORG e os outros fatores se dá em virtude de que quanto maior o valor da coloração verde, mais amarelada é a folha e, a correlação positiva para CORB se dá em função de que, quanto maior o valor da coloração azul, mais verde escura é a imagem, conforme apresentado nos Quadro 2.

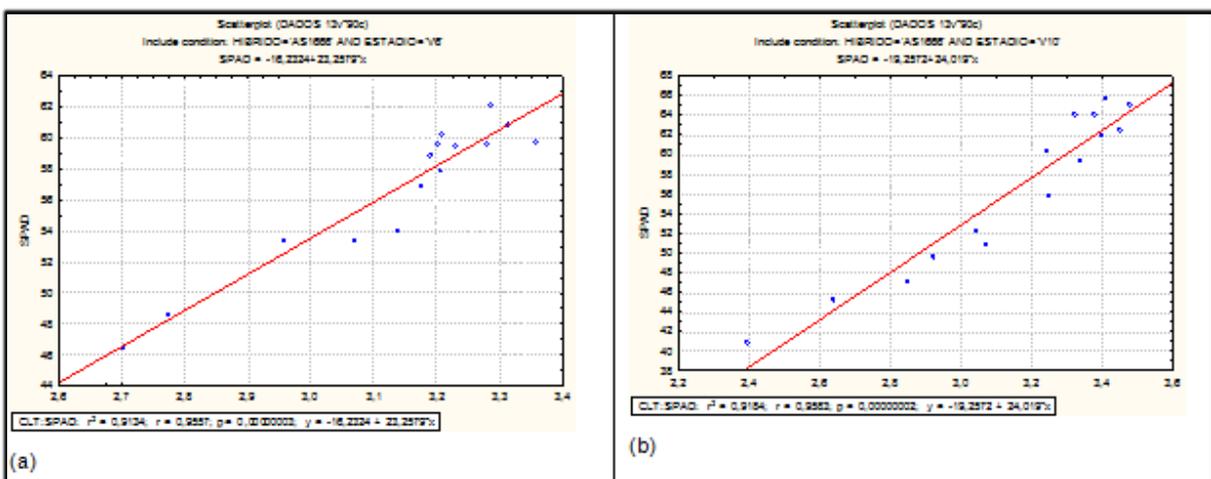
Quadro 2 – Exemplos de cores resultantes com variações para cor verde e valores constantes de vermelho e azul

R	G	B	COR RESULTANTE
86	200	50	
86	150	50	
86	100	50	

Fonte: Pereira (2016).

Desta forma, pode-se afirmar que as medições sobre as imagens podem ser feitas somente para COR<sub>G</sub> e COR<sub>B</sub>, como determinantes dos teores de nitrogênio no híbrido pesquisado. Na Figura 30 se observa a correlação de clorofila total com SPAD, pois ambos são métodos experimentais consolidados, apresentando alta correlação em suas medidas de acordo com Argenta et al. (2001), Backes et al. (2010), e Coelho et al., (2012). Os gráficos são acompanhados da função resultante para o SPAD, do coeficiente de determinação, do coeficiente de correlação e da casualidade amostral, com valores significativos para  $p \leq 0,05$ .

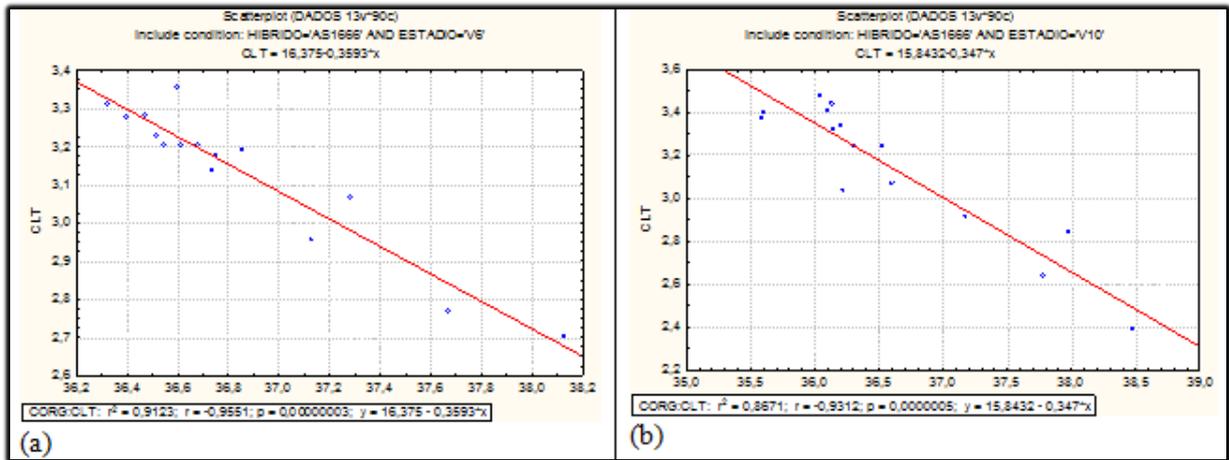
Figura 30 – Gráficos de dispersão para clorofila total e SPAD, em cada estágio de desenvolvimento do experimento



Fonte: Pereira (2016).

Na Figura 31 são apresentadas as linhas de tendência das variáveis (clorofila total (eixo y) e CORG (eixo x)), demonstrando o ajuste do modelo experimental utilizado e, resultando nas funções de estimação de valores médios para a clorofila total a partir da estimação de CORG.

Figura 31 – Gráficos de dispersão para clorofila total e cor verde, em cada estágio de desenvolvimento do experimento

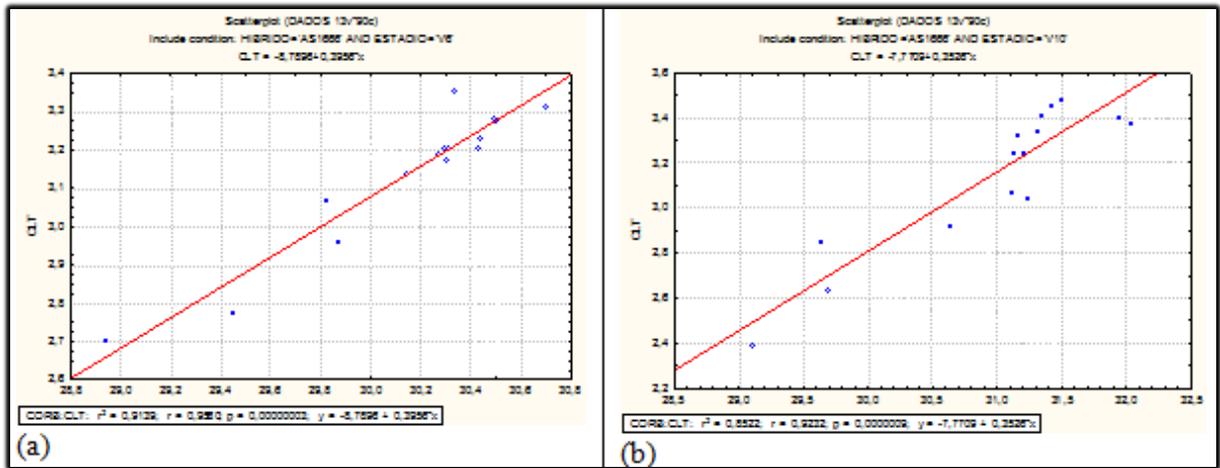


Fonte: Pereira (2016).

Nota-se nos gráficos das Figuras 30 e 31, tanto para *SPAD* como para CORG, variações proporcionais em cada estágio, confirmando assim o método de clorofilometria por imagem digital como método equivalente ao *SPAD*.

Na Figura 32 demonstram-se os valores para a correlação de clorofila total com CORB. Apresentam-se também bons índices de correlação e determinação, mantendo-se o mesmo nível de significância para a casualidade do experimento.

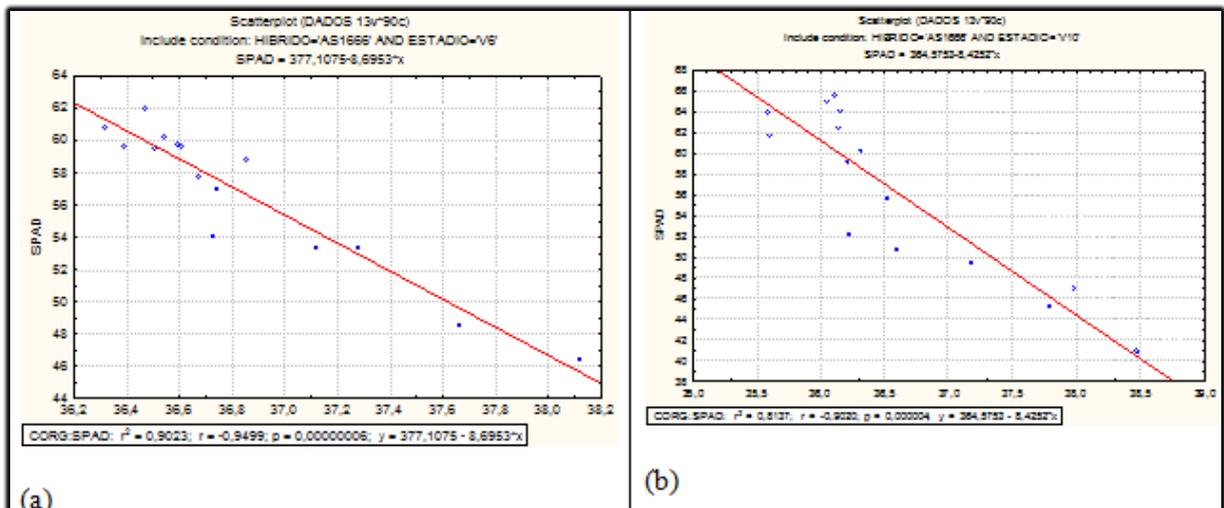
Figura 32 – Gráficos de dispersão para clorofila total e cor azul, em cada estágio de desenvolvimento do experimento



Fonte: Pereira (2016).

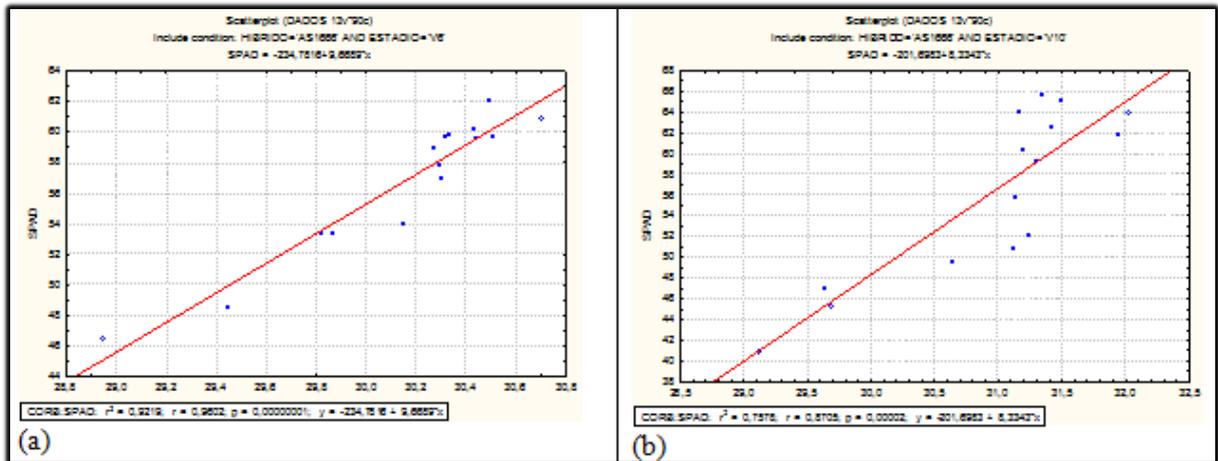
Os gráficos das Figuras 33 e 34 que correlacionam  $CORG \times SPAD$  e  $CORB \times SPAD$  respectivamente, demonstram também a regularidade das correlações.

Figura 33 – Gráficos de dispersão para SPAD e cor verde, em cada estágio de desenvolvimento do experimento



Fonte: Pereira (2016).

Figura 34 – Gráficos de dispersão para SPAD e cor azul, em cada estágio de desenvolvimento do experimento



Fonte: Pereira (2016).

Além disto, se nota também que a correlação de *CORB* com *SPAD* é uma correlação positiva, de forma que quanto maior o teor de clorofila medido com este equipamento, maior é o tom de verde escuro obtidos nas imagens. Já para *CORG*, a correlação é negativa, pois quanto maiores taxas de verde em uma imagem, mais amareladas elas serão. Isto está demonstrado pela Figura 33 e no Quadro 2.

Assim, a partir de todos os dados e com base nos resultados médios obtidos para *CORR*, *CORG* e *CORB* foram produzidas as escalas de cores proposta nos Quadros 3 e 4. Assim, temos como resultado duas escalas de cores, para o AS1666 VT PRO 3™ em cada um dos estádios: V6 e V10.

Quadro 3 – Cores médias para híbrido AS1666 em estágio V6

HIBRIDO	ESTADIO	NSN	R	G	B	COR
AS1666	V6	0	85	97	75	
AS1666	V6	25	86	95	78	
AS1666	V6	50	85	94	78	
AS1666	V6	75	87	96	80	
AS1666	V6	100	88	97	81	

Fonte: Pereira (2016).

Quadro 4 – Cores médias para híbrido AS1666 em estádio V10

HIBRIDO	ESTADIO	NSN	R	G	B	COR
AS1666	V10	0	76	89	69	
AS1666	V10	25	78	88	75	
AS1666	V10	50	81	90	78	
AS1666	V10	75	84	93	81	
AS1666	V10	100	84	89	81	

Fonte: Pereira (2016).

As escalas de cores geradas nos Quadros 3 e 4 apresentam valores muito próximos para *R*, *G* e *B*, gerando cores muito parecidas, as quais dificultam a diferenciação pelo olho humano. Desta forma, é necessário um tratamento computacional dos dados, a fim de se identificar os níveis de suprimento de nitrogênio para cada um dos estádios.

Para que se obtenha uma escala de cores visível pelo olho humano, a exemplo da que foi realizada pelo Instituto do Arroz de Bangladesh (*IRRI*, 2014), é necessário que se façam experimentos com híbridos de milho colocados em condições extremas de nutrição, em estado de desnutrição até o consumo de luxo, a fim de se obter imagens que vão do amarelo até o verde escuro. Porém, como no campo não são normalmente encontradas situações de desnutrição extrema, a aplicação de *software* para análise das escalas de *G* e *B* podem ser bastante eficientes para estimativa do teor de clorofila das plantas.

Após a análise dos quadros e figuras apresentados é possível afirmar que as correlações de *CORB* e *CORG* com clorofila total apresentaram maior potencial de aplicação como método de clorofilometria do que uma escala visual de cores. Dessa forma, as equações de determinação de clorofila total a partir de *CORB* e de *CORG* estão apresentadas nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 – Equações para determinação de Clorofila Total a partir de CORB

Híbrido	Estádio	Equação para Clorofila Total
AS1666	V6	$CLT = -8,7896+0,3956*x$
AS1666	V10	$CLT = -7,7709+0,3526*x$

Fonte: Pereira (2016).

Quadro 6 – Equações para determinação de Clorofila Total a partir de CORG

Híbrido	Estádio	Equação para Clorofila Total
AS1666	V6	$CLT = 16,375-0,3593*x$
AS1666	V10	$CLT = 15,8432-0,347*x$

Fonte: Pereira (2016).

#### 4.2 FERTILIZAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO POR IMAGEM DIGITAL – RGB

Na Fase II do experimento foram empregadas as equações do quadro 5, utilizando a quantificação de CORB e sua correlação com a clorofila total, foram criados mapas a partir do *software Farm Works™ Mapping*, apresentados nas Figuras 35 a 43, 46 e 47.

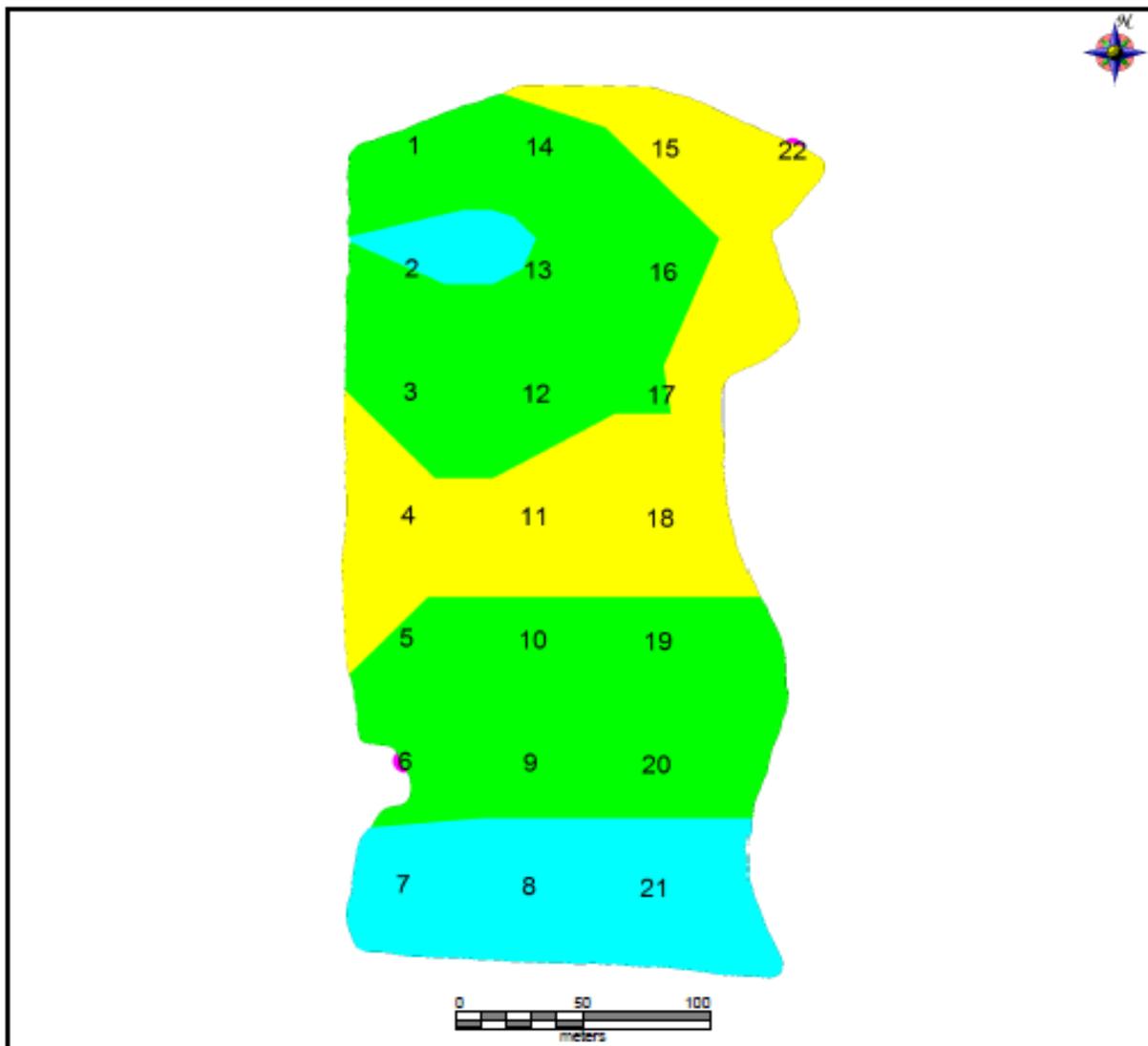
Comparando os mapas das Figuras 35 e 36, se constata que a aplicação de georreferenciamento da área S1 indicou variação da necessidade de nitrogênio no estádio V4. Isto demonstra que o emprego de agricultura de precisão pode ser eficiente neste local. Essa hipótese é reforçada quando se observa que a variação persiste no estádio V7, comparando as Figuras 37 e 38.

As variações apresentadas nos mapas Figuras 35 a 38 refletiram na recomendação de diferentes doses de nitrogênio, com o emprego de quantidades variáveis de uréia na área S1, tanto no estádio V4 quanto no estádio V7 (Figuras 39 a 42).

No estádio V4, em S1 (Figura 39), as necessidades de uréia variaram de 16,88 kg/ha a 50,63 kg/ha, sendo empregado um total de 201,16 kg de uréia na área. Neste mesmo estádio, em S2 (Figura 40), foram necessários 288,08 kg de ureia, representando um acréscimo de 43% na necessidade de uréia em relação ao S1.

#### 4.2.1 Identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S1)

Figura 35 – Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S1)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

Dose Recomendada	Área (ha)
0% Dose Recomendada	0,00 ha
25% Dose Recomendada	1,09 ha
50% Dose Recomendada	2,97 ha
75% Dose Recomendada	1,63 ha
100% Dose Recomendada	0,00 ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

#### 4.2.2 Identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S2)

Figura 36 – Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V4 no SAPS (S2)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

0% Dose Recomendada	0,00 ha
25% Dose Recomendada	0,00 ha
50% Dose Recomendada	0,00 ha
75% Dose Recomendada	5,69 ha
100% Dose Recomendada	0,00 ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

Após a análise, considerando os indicadores de CORB e a recomendação da adubação nitrogenada, conforme o Manual de Adubação e Calagem da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), os Quadros 7 e 8 demonstram os valores para fertilização nitrogenada do milho em cobertura através da aplicação de uréia em Kg/ha.

Quadro 7 – Identificação de *Blue* na SAPS – S1 X S2, em V4

Em V4 - S1			Em V4 - S2		
%	Área em ha	Recomendação Kg/ha	%	Área em ha	Recomendação Kg/ha
25%	1,09	16,88			
50%	2,97	33,75			
75%	1,63	50,63	75%	5,69	50,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.3 Identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S1)

O mapa georreferenciado da área (S1), para o estágio V7 (Figura 37), demonstra que há variações de nitrogênio. Esta necessidade de fertilização nitrogenada já foi apresentada na mesma área, em leitura no estágio V4 (Figura 35).

A variação apresentada no mapa da Figura 37 reflete diretamente na recomendação de diferentes doses de nitrogênio, sendo aplicação de uréia a taxas variadas de 25% para 2,25 ha e 50% para 3,44 ha na área S1 (estádio V7), conforme a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004).

No estágio V7, em S1 (Figura 41), as necessidades de uréia variaram de 16,88 kg/ha a 33,75 kg/ha, sendo empregado um total de 154,08 kg de uréia na respectiva área. Neste mesmo estágio, em S2 (Figura 42), foram necessários 192,04 kg de uréia, representando um acréscimo de cerca de 25% na necessidade de ureia em relação ao S1.

Figura 37 – Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S1)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

0% Dose Recomendada	0,00 ha	
25% Dose Recomendada	2,25 ha	
50% Dose Recomendada	3,44 ha	
75% Dose Recomendada	0,00 ha	
100 % Dose Recomendada	0,00 ha	

Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

#### 4.2.4 Identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S2)

O mapa da área (S2), para o estágio V7 (Figura 38), demonstra a recomendação convencional de 50% de dose de nitrogênio para 5,69 ha. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Figura 38 – Mapa de identificação do *Blue* em estágio fenológico V7 no SAPS (S2)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

0% Dose Recomendada	0,00 ha
25% Dose Recomendada	0,00 ha
50% Dose Recomendada	5,69 ha
75% Dose Recomendada	0,00 ha
100 % Dose Recomendada	0,00 ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

Quadro 8 – Identificação de *Blue* na SAPS – S1 X S2, em V7

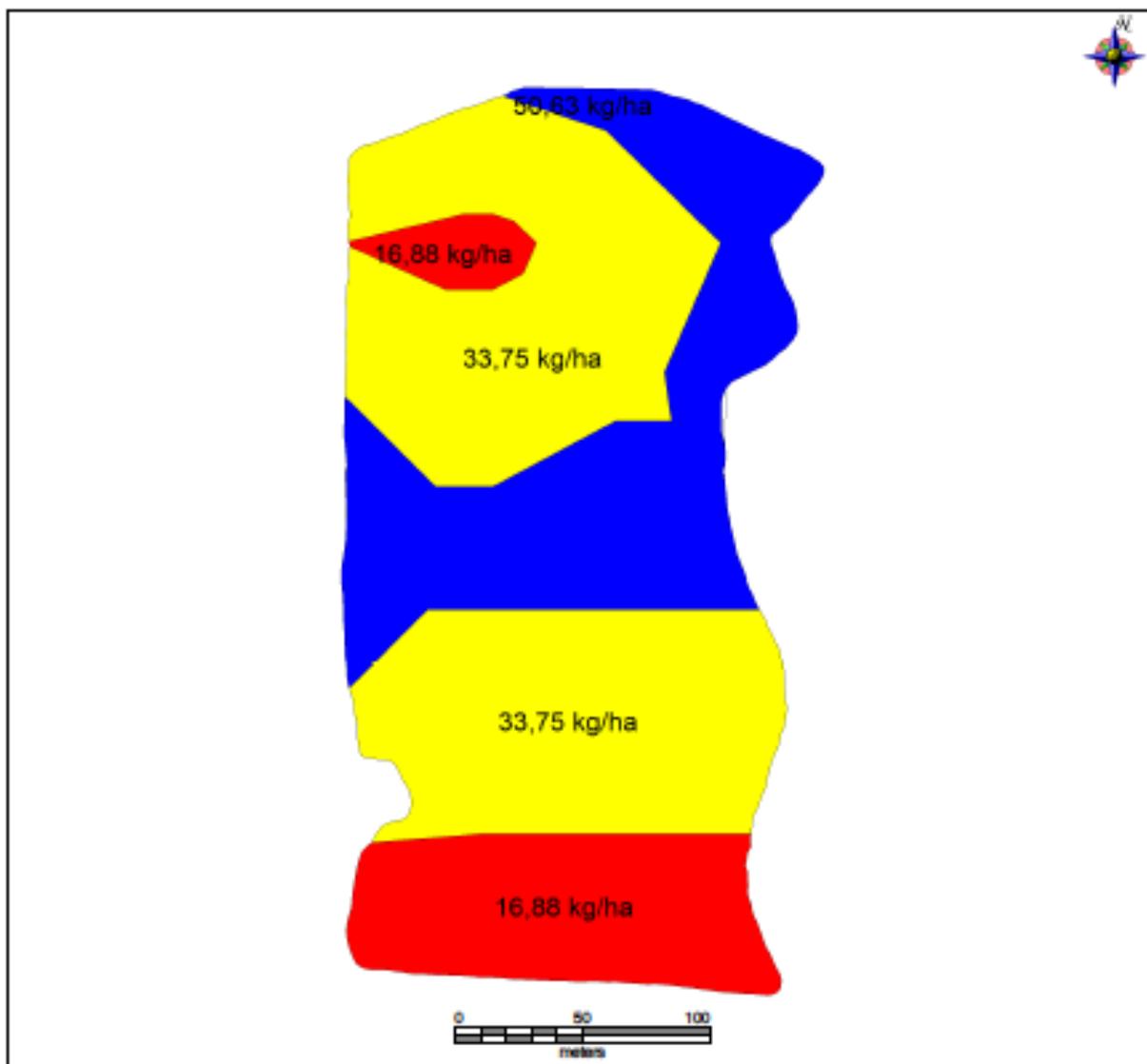
Em V7 - S1			Em V7 - S2		
%	Área em ha	Recomendação Kg/ha	%	Área em ha	Recomendação Kg/ha
25%	2,25	16,88			
50%	3,44	33,75	50%	5,69	33,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5 Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V4 no SAPS (S1)

No estágio V4, com o georreferenciamento e análise de imagens digitais das amostras foliares e geração de índices *RGB*, as necessidades de uréia variaram de 16,88 kg/ha a 50,63 kg/ha, sendo empregado um total de 201,16 kg de ureia na área (Figura 39). O mapa de interpolação/krigagem apresenta a distribuição da uréia à taxa variada no SAPS.

Figura 39 – Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V4 no SAPS (S1)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01  
Nome: Talhão 01 - Aplicação (Uréia)

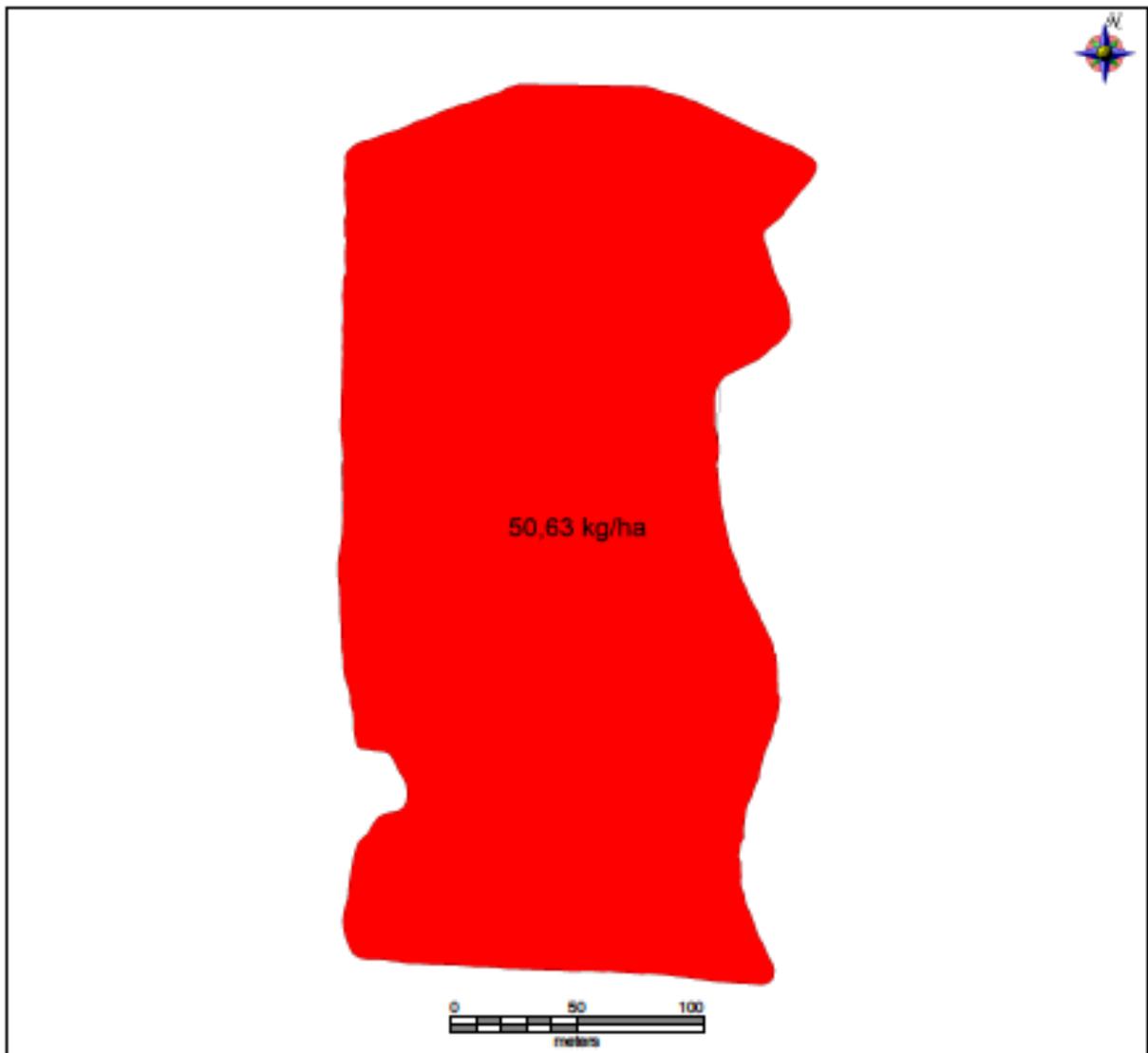
50,63 kg/ha
33,75 kg/ha
16,88 kg/ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

#### 4.2.6 Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V4 no SAPS (S2)

O mapa da área (S2), para o estágio V4 (Figura 40), demonstra a aplicação de 50,63 Kg/ha de uréia distribuída igualmente para 5,69 ha (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Figura 40 – Mapa de aplicação de ureia no estágio fenológico V4 no SAPS (S2)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho

50,63 kg/ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

No Quadro 9, são apresentadas as aplicações em V4, em taxa variada para o SAPS S1 e taxa fixa para SAPS S2. Constata-se eficiência aplicando a AP neste SAPS. Houve diminuição da aplicação de 86,92 de quilos de Uréia no SAPS e consequente economia de cerca de R\$ 90,40. Além disso, há a diminuição do impacto ambiental por não aplicação de quantidade desnecessária do produto.

Quadro 9 – Comparativo de aplicação de uréia a taxa variada nos SAPS – S1 X S2, em V4

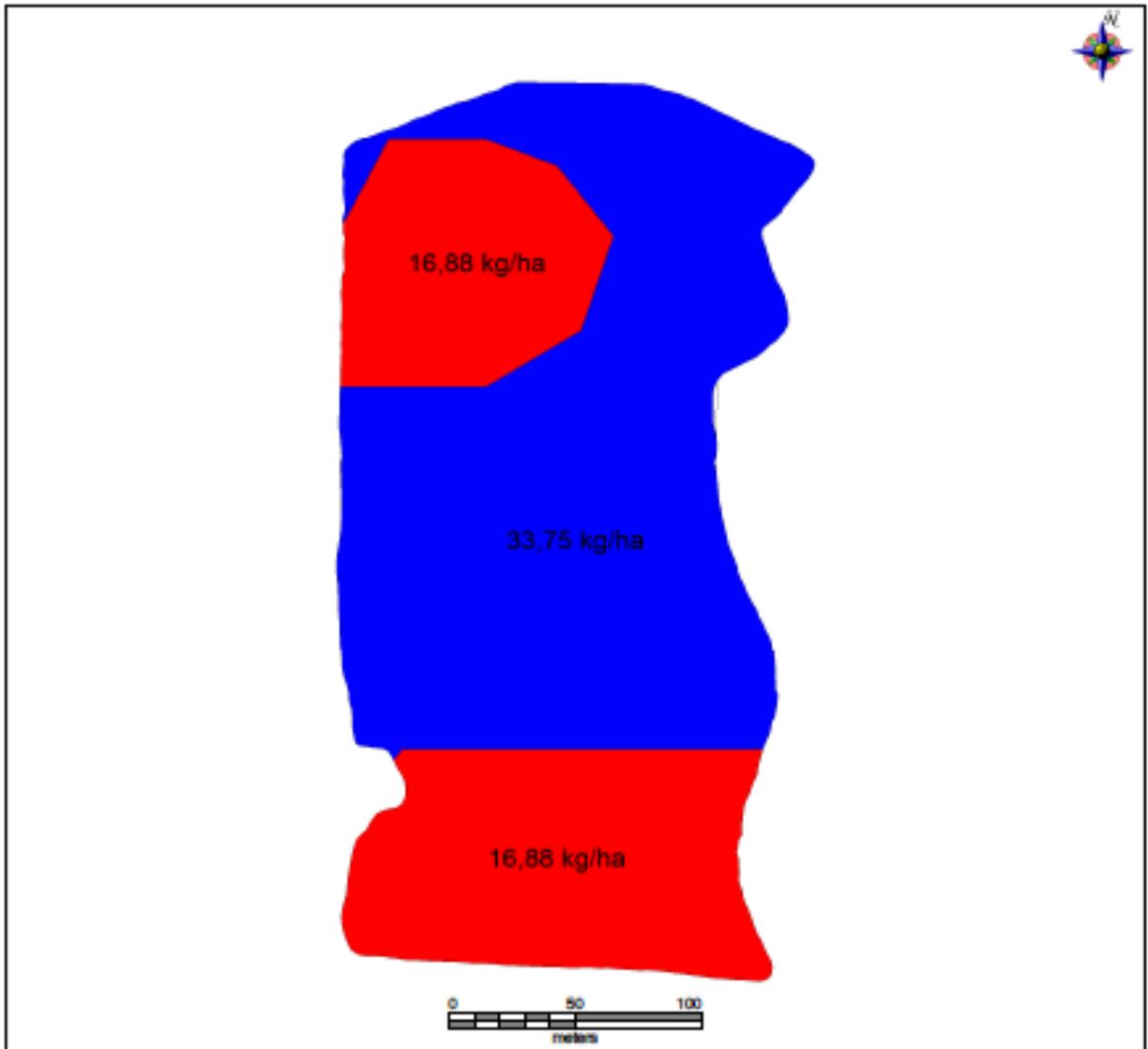
Em V4- S1			Em V4 - S2			Diferença em AP Resultado em V4 (S1-S2)	
Área em ha	Recomendação Kg/ha	Total Kg	Área em ha	Recomendação Kg/ha	Total Kg		
1,09	16,88	18,40				Kg	-86,92
2,97	33,75	100,24	5,69	50,63	288,08	R\$	90,40
1,63	50,63	82,53				U\$	27,64
5,69	Total	201,16	5,69	Total	288,08		

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.7 Aplicação de uréia em Kg/ha no estágio fenológico V7 no SAPS (S1)

No estágio V7, com o georreferenciamento e análise de imagens digitais das amostras foliares e geração de índices *RGB*, ou AP, as necessidades de uréia variaram de 16,88 kg/ha a 33,75 kg/ha, sendo empregado um total de 154,08 kg de ureia na área (Figura 41). O mapa de interpoação/krigagem apresenta a distribuição da ureia à taxa variada na SAPS.

Figura 41 – Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V7 no SAPS (S1)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

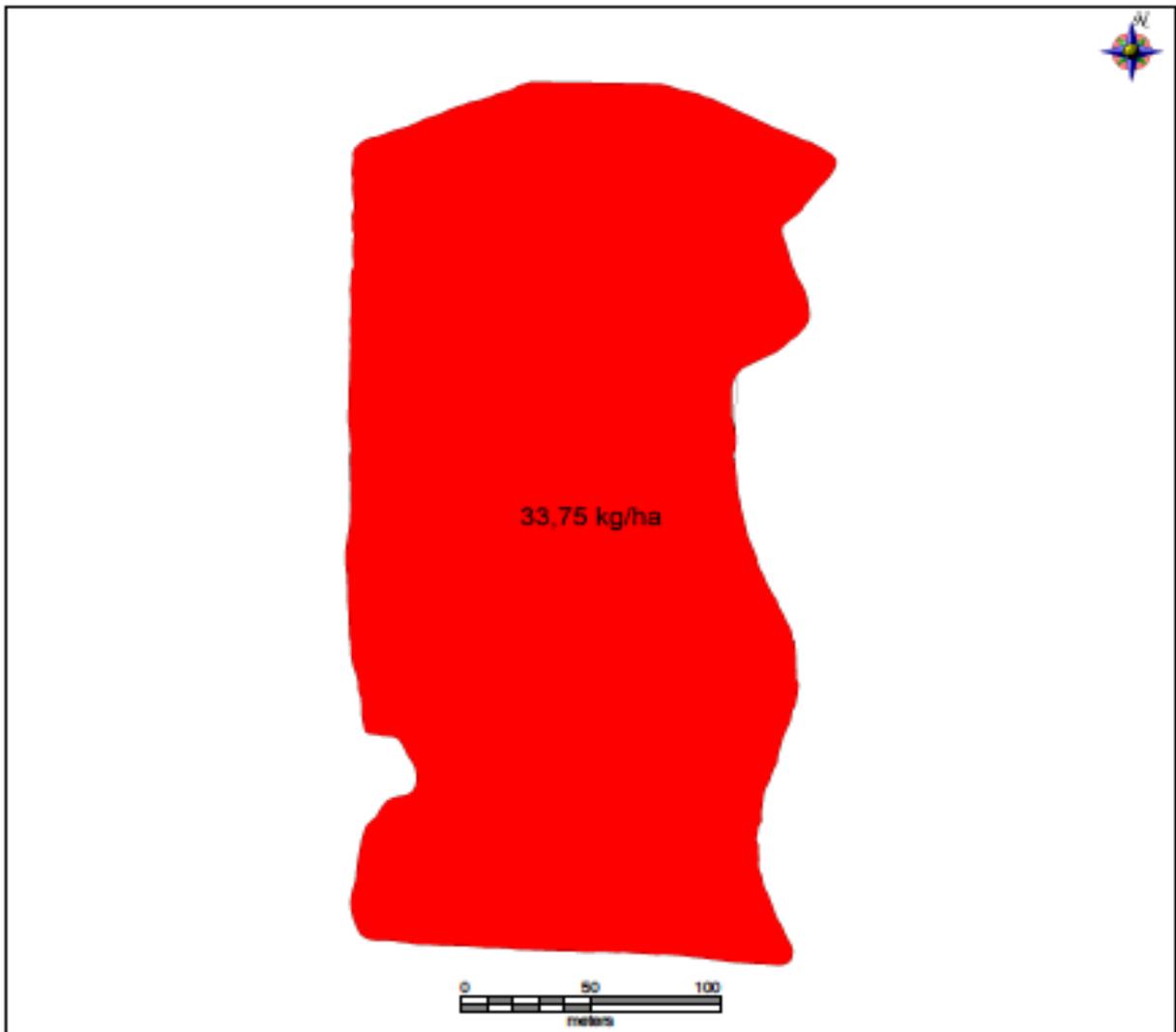
	33,75 kg/ha
	16,88 kg/ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

#### 4.2.8 Aplicação de uréia em estágio fenológico V7 no SAPS (S2)

O mapa da área (S2), para o estágio V7 (Figura 42), demonstra a aplicação de 33,75 Kg/ha de ureia distribuída igualmente para 5,6 ha. Recomendação conforme orientação do Manual de Adubação e Calagem para o tratamento convencional (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004).

Figura 42 – Mapa de aplicação de uréia no estágio fenológico V7 no SAPS (S2)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

■ 33,75 kg/ha

Fonte: *Farm Works™ Mapping* (2016).

No Quadro 10, são apresentadas as aplicações em V7, em taxa variada para o estádio S1 e taxa fixa para S2. Também se constata eficiência aplicando a AP neste estádio. Houve diminuição da aplicação de 37,96 quilos de uréia na SAPS e consequente economia de cerca de R\$ 39,48. Além disso, há a diminuição do impacto ambiental por não aplicação de quantidade desnecessária do produto.

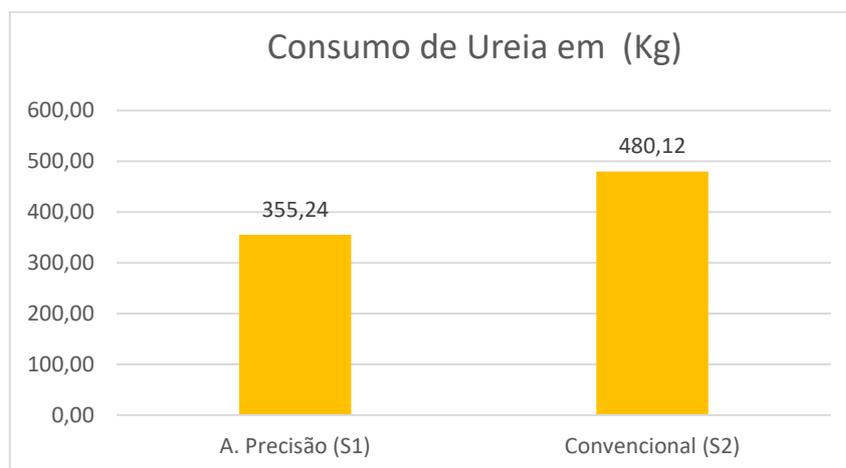
Quadro 10 – Comparativo de aplicação de uréia a taxa variada nos SAPS – S1 X S2, em V7

Em V7- S1			Em V7 - S2			Diferença em AP Resultado em V7 (S1-S2)	
Área em ha	Recomendação em kg/ha	Total	Área em ha	Recomendação em kg/ha	Total		
2,25	16,88	37,98				Kg	-37,96
3,44	33,75	116,10	5,69	33,75	192,04	R\$	39,48
						U\$	12,07
5,69	Total	154,08	5,69	Total	192,04		

Fonte: Elaborado pelo autor.

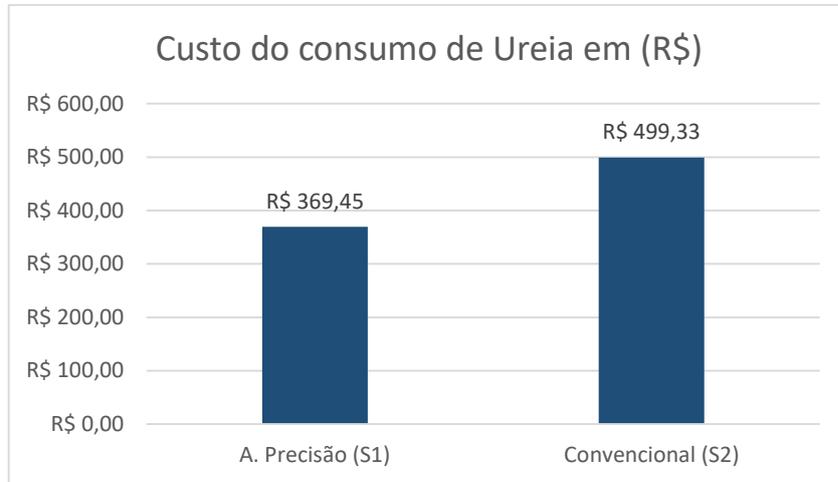
Nas Figuras 43 e 44 estão demonstradas as diferenças de consumo do produto de fertilização nitrogenada, no caso uréia, conforme os métodos empregados, AP/S1 e Convencional/S2 na SAPS.

Figura 43 – Demonstrativo de resultados da aplicação de uréia em S1 X S2, acumulado de V4 e V7



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44 – Demonstrativo de resultados do custo da aplicação de uréia em S1 X S2, acumulado de V4 e V7



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 11 serve como demonstrativo da economia de produto e de recurso financeiro em relação ao desperdício causado pela falta de métodos da agricultura convencional.

Quadro 11 – Resultados positivos usando os métodos da AP/S1

<b>Valor não gasto com o uso da AP, em relação à agricultura convencional:</b>	<b>R\$ 129,87</b>
<b>Kg de Ureia não desperdiçado na aplicação com o uso da AP, em relação à agricultura convencional:</b>	<b>R\$ 124,88</b>

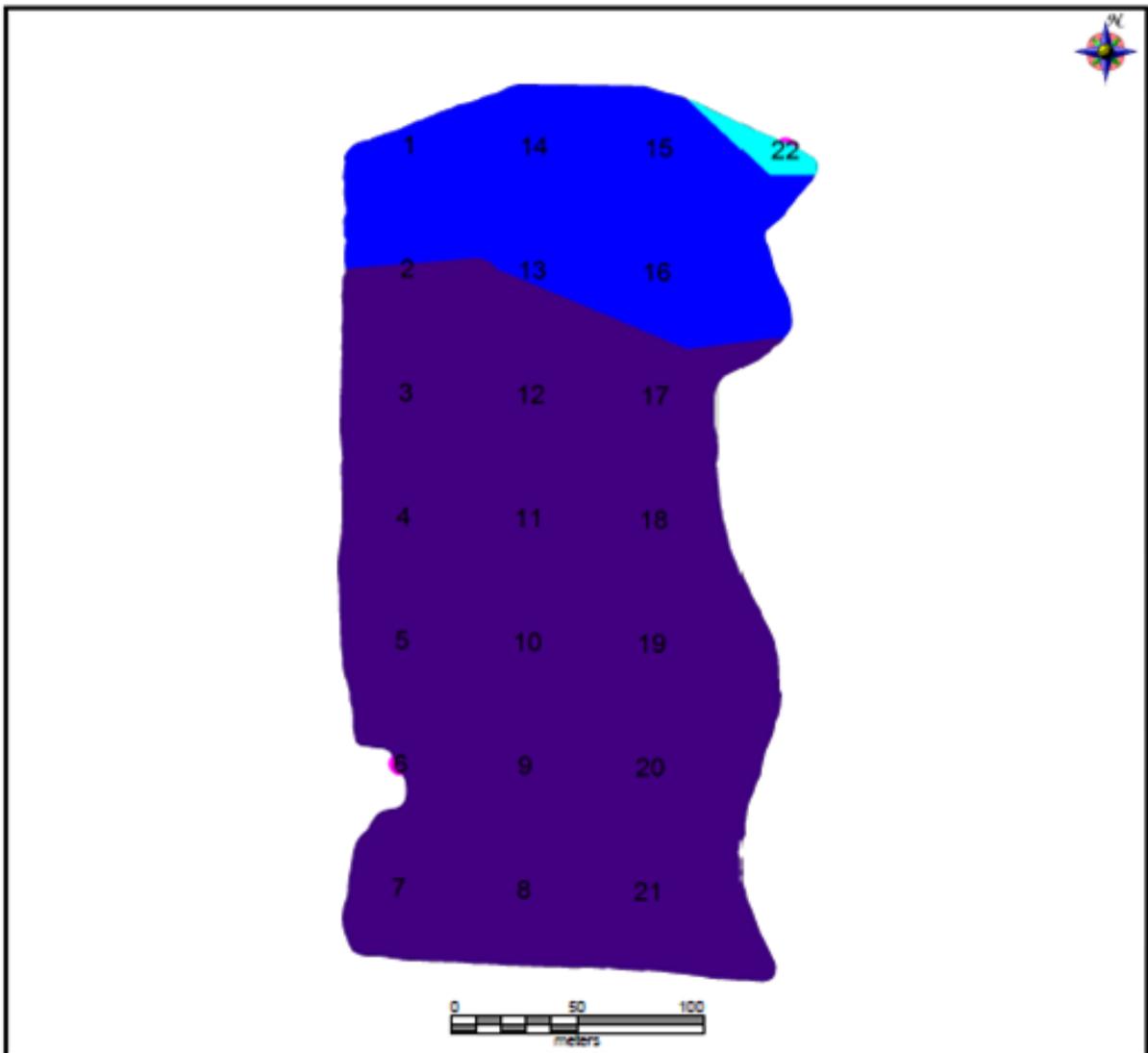
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.9 Rendimento de grãos no SAPS (S1)

Segundo Jason de Oliveira Duarte da Embrapa, em Embrapa Milho e Sorgo (2009), a produtividade da cultura do milho é muito variável no Brasil. Algumas regiões conseguem até 200 sacas de 60 kg (somando mais de 12 toneladas por hectare) e há outros que colhem menos de 1 tonelada por hectare. Isto se deve a muitos fatores, principalmente a semente e ao manejo da cultura.

O mapa da área (S1), para o rendimento de grãos (Figura 45), demonstra o resultado da colheita de grãos na área de AP/S1 e o mapa da Figura 46, o resultado obtido na colheita para agricultura convencional em S2.

Figura 45 – Mapa de rendimento de grãos no SAPS (S1)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

8380,91 - 12303,84 kg/ha	4,30 ha	
8090,49 - 8380,90 kg/ha	1,34 ha	
8020,02 - 8090,48 kg/ha	0,05 ha	
7173,25 - 8020,01 kg/ha	0,00 ha	
6513,03 - 7173,24 kg/ha	0,00 ha	
6323,39 - 6513,02 kg/ha	0,00 ha	
0,00 - 6323,38 kg/ha	0,00 ha	

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

No Quadro 12 estão relacionados os grades e respectivas quantidades de grãos em Kg e as Sacas colhidas (VIDOR, 2015), para a SAPS/S1.

Quadro 12 – Resultado da colheita de grãos em S1

SAPS (S1) - 5,69 ha		
Grid	Rendimento	Qtd. Sacas (60Kg)
1	6.702,03	112
2	6.323,39	105
3	6.513,03	109
4	8.090,49	135
5	9.300,81	155
6	8.380,91	140
7	11.047,34	184
8	12.303,84	205
9	11.675,59	195
10	8.783,06	146
11	10.229,33	170
12	7.504,44	125
13	8.866,78	148
14	7.173,25	120
15	8.020,02	134
16	6.702,66	112
17	6.323,39	105
18	6.513,03	109
19	8.090,49	135
20	9.300,81	155
21	8.380,91	140
22	11.047,34	184
<b>Total:</b>	<b>187.272,94</b>	<b>3.121,22</b>
<b>Média</b>	<b>8.512,41</b>	<b>141,87</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.10 Rendimento de grãos no SAPS (S2)

Figura 46 – Mapa de rendimento de grãos no SAPS (S2)



Cliente: Paulo Sérgio Furlan  
Fazenda: Fazenda Pinheirinho  
Talhão: Talhão 01

8380,91 - 12303,84 kg/ha	0,00 ha
8090,49 - 8380,90 kg/ha	0,00 ha
8020,02 - 8090,48 kg/ha	0,00 ha
7173,25 - 8020,01 kg/ha	5,69 ha
6513,03 - 7173,24 kg/ha	0,00 ha
6323,39 - 6513,02 kg/ha	0,00 ha
0,00 - 6323,38 kg/ha	0,00 ha

Fonte: Farm Works™ Mapping (2016).

O Quadro 13 mostra o resultado da quantidade de grãos em Kg e as Sacas colhidas (VIDOR, 2015), para a SAPS/S2.

Quadro 13 – Resultado da colheita de grãos em S2

SAPS (S2)		
Área	Rendimento	Qtd. Sacas (60Kg)
1 ha	7.596,63	126,61
5,69 ha	43.224,82	720,41

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.11 Comparativo de resultados do rendimento de grãos no SAPS, S1 X S2

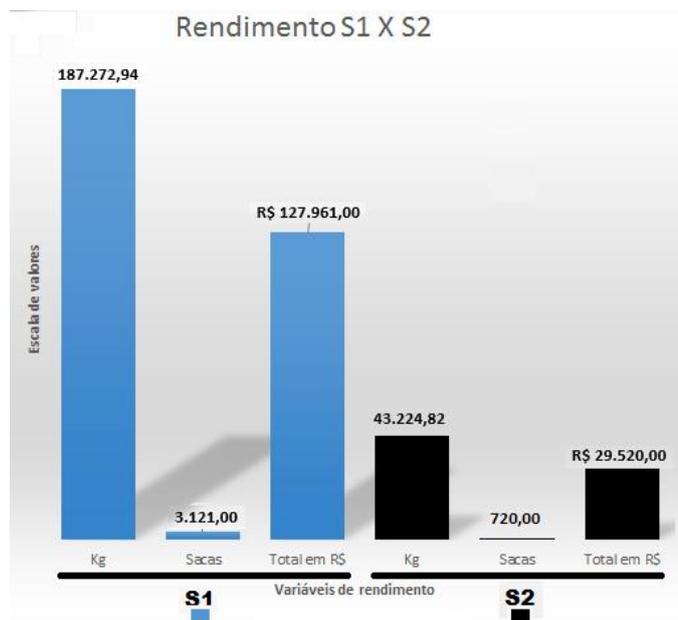
No Quadro 14 e Figura 47, a seguir, estão demonstrados os valores em espécie e na forma de gráfico dos resultados, obtidos para comparação, entre os métodos empregados nos experimentos da AP e Agricultura Convencional.

Quadro 14 – Comparativo do rendimento físico (grãos) e financeiro (R\$)

S1			S2		
Kg	Sacas	Total em R\$	Kg	Sacas	Total em R\$
187.272,94	3.121,00	R\$ 127.961,00	43.224,82	720,00	R\$ 29.520,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47 – Comparativo de resultados do rendimento de grãos no SAPS, S1 X S2



Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes resultados estão de acordo com Tsunehiro et al. (2015), os quais indicam que nos últimos anos a referida cultura passou a ser desenvolvida com significativos avanços tecnológicos. Molin e Trevisan (2016) citam que para minimizar a variabilidade é necessário um conhecimento dos atributos químicos, físicos e biológicos da interação solo x planta x ambiente e suas magnitudes, para que medidas práticas de manejo sejam empregadas, sendo estas capazes de minimizar os problemas existentes.

Conforme a fase I da presente pesquisa observa-se correlação positiva entre os teores de N na folha em função da leitura de *SPAD* e índices de *RGB* obtidos na análise por imagem digital. Em função da inexistência de publicações na respectiva área em relação à inovação tecnológica proposta “fertilização nitrogenada da cultura do milho a partir dos índices de *RGB* obtidos na análise de imagem digital”, justificando a problemática da presente pesquisa, não foi possível correlacionar os dados da fase II da dissertação atual, evidenciando a necessidade da realização de futuras pesquisas.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que:

- É possível estimar o teor de clorofila total a partir dos valores obtidos para *COR G* e *COR B* para o híbrido AS1666 VT PRO 3™;
- A inovação tecnológica “fertilização nitrogenada da cultura do milho a partir dos índices de *RGB* obtidos na análise de imagem digital” apresenta eficiência técnica e econômica;
- SIG para interpolação e krigagem, mecanismos de georreferenciamento e análise digital de imagens com indicadores de *RGB* demonstram ser ferramentas de AP sustentáveis, quando comparados com os métodos convencionais.

## 6 RECOMENDAÇÕES FINAIS

A AP está se tornando economicamente acessível e fácil de ser utilizada, porém faltam soluções para atender a inúmeros problemas, como os ambientais e de logística, além de ainda não se dispor de mais recursos automáticos para a coleta de dados.

Hoje ainda existem muitos sistemas de SIG com arquitetura *Two* e *Three-Tier* e como já vem acontecendo com outros sistemas de computação, há a tendência dos SIG serem migrados para a *Web/Internet*. Na Web, além do SIG utilizar recursos da arquitetura *Multi-Tier*, geralmente com código fonte aberto, também tem uma maior integração de tecnologias com escalabilidade, agregando sistemas e conhecimentos, para que o desenvolvimento acompanhe de forma ágil as demandas e as complexidades dos problemas na área da produção agrícola. Na Web, a transferência tecnológica oriunda das pesquisas em AP podem ser rapidamente percebidas e acessadas por todos e desta forma, vai se configurando um sistema aberto para a inovação na agricultura.

### 6.1 PROJETOS FUTUROS

A partir do resultado na área, se recomenda que outras áreas sejam mapeadas e que se aplique novamente os métodos utilizados para o mesmo híbrido. Com vistas ao suporte às pesquisas de produtividade relacionadas às lavouras de milho, na região oeste de Santa Catarina:

- Aplicar SDUM como um SIG em arquitetura *Multi-Tier*, integrado com dispositivos móveis na entrada de dados, para o processamento das variáveis espaciais, interpolação e krigagem para as pesquisas e monitoramento de zonas de manejo.
- Integrar pesquisas com a implementação de um observatório das propriedades do solo, através da modelagem e representação de dados em *geodatabase*, utilizando características objeto-relacionais, estatísticas e informações relacionadas com a produtividade das lavouras de milho da região.

## REFERÊNCIAS

- AGRICULTURE, Trimble. **Information Manager Solutions**: About Farm Works Software. 2016. Disponível em: <<http://www.farmworks.com/index.php>>. Acesso em: 27 ago. 2016.
- AGROESTE. **Híbridos recomendados para a região Sul**. 2015. Disponível em: <<http://www.agroeste.com.br/hibridos-de-milho/1/safrinha-2015>>. Acesso em: 07 jun. 2015.
- ALMEIDA, T. S. **Respostas Espectrais da Soja sob Diferentes Condições Hídricas e de Preparo do Solo**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 109-119, 2003.
- \_\_\_\_\_. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** [online]. Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167. 2001.
- BACKES, C. et al. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia** [online], Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668. 2010.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; BETZEK, N. M. **SDUM - Software para Definição de Unidades de Manejo**: teoria e prática. Medianeira: UTFPR, 2015.
- CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies**: análise espacial de dados geográficos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP, Brazil. 2002. Disponível em: <<http://mtc-12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.57/doc/cap3-superficies.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- CEPA – CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA – **Censo Agropecuário**, Epagri/CEPA. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em: 17 maio 2014.
- CHIBA, C.; NARDI, A. **Desenvolvimento em Camadas**. 2007. Disponível em: <[https://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/arquitetura/Layers\\_Developing.msp](https://www.microsoft.com/brasil/msdn/tecnologias/arquitetura/Layers_Developing.msp)>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- CIRANI, C. B. S., MORAES, M. A. F. D. Inovação na Indústria Sucroalcooleira Paulista: Os Determinantes da Adoção das Tecnologias de Agricultura de Precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 48, n. 4, p. 543-565, out/dez 2010.

COELHO, F. S. et al. Using a Chlorophyll Meter Readings for Monitoring Nitrogen Status of Potato Cultivars. **Journal Of Agricultural Science And Technology**. El Monte, p. 248-256, fev. 2012.

COSME, A. **Projeto em Sistemas de Informação Geográfica**. Lisboa: Lidel, 2012.

CRUZ, J. C. et al. **Caracterização dos sistemas de Produção de milho para altas produtividades**. Circular Técnica 124, 2009.

CRUZ, I.; CAMPOS, V. B. G. **Sistemas de informações geográficas aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo**, Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia – IME, 2004. Disponível em: <[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(15\)SIG-AE2.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(15)SIG-AE2.pdf)>. Acesso em: 26 maio 2014.

DURÃES F. O. M. et al. **Fatores Ecofisiológicos que Afetam o Comportamento do Milho em Semeadura Tardia (Safrinha) no Brasil Central**. CNPMS/EMBRAPA, 1995.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013.

\_\_\_\_\_. **Agricultura de Precisão**. Disponível em:< <http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/o-que-e-agricultura-de-precisao>>. Acesso em: 30 maio 2014.

FALKER Automação Agrícola. **Medidor Portátil de Clorofila**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/Produto.php?id=4>>. Acesso em: 08 maio 2014.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Piracicaba: Livroceres, 2004.

FARM WORKS™ MAPPING, **Trimble Navigation Limited**, 2016.

FERRI, M. G. (Coord.) **Fisiologia vegetal**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: EPU, 2004.

FOWLER, M. **UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language**. 3. ed. São Paulo: Addison-Wesley Professional, 2008.

FULTON, H. E. **The Ruby way: solutions and techniques in Ruby programming**. Addison-Wesley, Boston, 2007.

GAZOLA, D. et al. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.700-707, 2014.

GILAT, A. **MATLAB com aplicações em engenharia**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

GOOGLE EARTH, **Google Mapas de Nova Erechim – Brasil**, 2015. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

HAIM, P. G. et al. Diagnose nutricional de nitrogênio em folhas de feijoeiro pela análise digital de imagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1546-1549, out. 2012. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/12354>>. Acesso em: 26 set. 2014.

HAQUE, M. A. et al. A Comparative Study of Leaf Color Based and Farmer's Practice of Nitrogen Fertilizer Application on Rice Under On-farm Conditions of Bangladesh. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 19, p.1685-1688, 2003. Disponível em: <<http://www.scialert.net/qredirect.php?doi=pjbs.2003.1685.1688&linkid=pdf>>. Acesso em: 17 maio 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 27 dez. 2015.

**IMAGEMAGICK. Features and Capabilities. Disponível em** <<http://www.imagemagick.org/#features>>. Acesso em: nov. 2014.

IPNI – INTERNATIONAL PLANT NUTRIOTION INSTITUTE. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. **Informações agrônomicas**, n. 131, set. 2010. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/\\$FILE/Page1-16-131.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/3F77E1CD143BB9F283257A8F0060D281/$FILE/Page1-16-131.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2015.

IRRI – INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Leaf Color Chart**. Hong Kong, 2014. Disponível em: <[http://www.knowledgebank.irri.org/qualityseedcourse4women/images/stories/module%202/Leaf\\_Color\\_Chart\\_version\\_1.2.pdf](http://www.knowledgebank.irri.org/qualityseedcourse4women/images/stories/module%202/Leaf_Color_Chart_version_1.2.pdf)> Acesso em: 17 maio 2014.

JAYARAMAN S., ESAKKIRAJAN S, VEERAKUMAR T. **Digital Image Processing**. Tata McGraw Hill, New Delhi, 2009.

KARCHER, D. E., RICHARDSON, M. D. **Quantifying Turfgrass Color Using Digital Image Analysis**. Disponível em: <<http://www.sroseed.com/resources/pdfs/articles/Digital%20Image%20Analysis%20Color.pdf>> Acesso em: 27 dez. 2015.

KAWASHIMA, S.; NAKATANI, M. Annals of Botany, 1998. An Algorithm for Estimating Chlorophyll Content in Leaves Using a Video Camer. **Annals Of Botany**:

**National Institute of Agro-Environmental Sciences**, Tsukuba, v. 81, p.49-54, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima, 2006.

LISBOA FILHO, J. **Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos através da Reutilização de Esquemas utilizando Padrões de Análise e um Framework Conceitual**. Porto Alegre, 2002. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/tesejug.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

LISBOA-FILHO, J. et al. **A UML Profile for Conceptual Modeling in GIS Domain**. In: CAISE 2010, 602., 2010, Hammamet, Tunisia. CAiSE 2010 Workshop. Hammamet: REINHARTZ-BERGER, A. et al. (eds.), 2010. v. 1, p. 18 - 31. Disponível em: <[http://ceur-ws.org/Vol-602/DE\\_CAISE10\\_paper3\\_Lisboa-filho.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-602/DE_CAISE10_paper3_Lisboa-filho.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2014.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. de. **Cultura do Milho: Ecofisiologia**. 2011. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/ecofisiologia.htm#top](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/ecofisiologia.htm#top)>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MAHDI, M. A. et al. A New Image Processing Based Technique to Determine Chlorophyll in Plants. **Journal Agriculture**, American-Eurasian, v. 12, n. 10, p.1323-1328, 2012.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Cultura do Milho**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 24 maio 2014.

MARENCO, R. A; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MEIER'S, J. D. **Layers and Tiers**. 2008. Disponível em: <<https://blogs.msdn.microsoft.com/jmeier/2008/09/05/layers-and-tiers/>>. Acesso em: 28 ago. 2016.

MOLIN, J. P.; TREVISAN, R. G.. **Boletim Técnico 01 - SIG para agricultura de precisão**. 2016. Disponível em: <<http://www.agriculturadeprecisao.org.br/publicacoes/categoria/3/206/boletim-tecnico-01---sig-para-agricultura-de-precisao>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MOURA, M. S. B. de. et al. Uso de índices RGB para o Bioma Caatinga associados a dados meteorológicos e índices de vegetação: estudos iniciais. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 18., 2014, Recife. O papel da meteorologia na construção de uma sociedade sustentável. **Anais...** Recife: SBMET, 2014.  
NEODAAS – NERC – UNIVERSITY OF DUNDEE. **Reino Unido**, 2014. Disponível em <<http://www.sat.dundee.ac.uk/spectrum.html>>. Acesso em: 24 maio 2014.

OPENCV. **Open Source Computer Vision Library**. Disponível em: <<http://opencv.org/documentation.html>>. Acesso em: 24 maio 2014.

ORACLE Java™. **Platform Standard Edition 7 API Specification**. Disponível em: <<https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/overview-summary.html>>. Acesso em: 27 nov. 2014.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.

PAREDES, E. A. **Sistema de Informação Geográfica: Princípios e Aplicações (Geoprocessamento)**. São Paulo: Érica Ltda, 1994.

PEREIRA, M. T. de T. **Clorofilometria por imagem digital aplicada à cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, 2016.

PURCELL, L. C., EDWARDS, J.T.; BRYE, K.R. Soybean yield and biomass responses to cumulative transpiration: Questioning widely held beliefs. **Field Crops**. v. 101, p. 10–18, 2007.

ROCHA, R. N. C. et al. Relação do Índice SPAD, Determinado pelo Clorofilômetro, com Teor de Nitrogênio na Folha e Rendimento de Grãos em Três Genótipos de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 161-171, 30 ago. 2005.

RUSCHEL, C. **Extensão do Framework GeoFrame para Modelagem de Processos de Análise Geográfica: Extensão do Framework GeoFrame para Modelagem de Processos de Análise Geográfica**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SANTI, L. A. et al. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

SHAW, M.; GARLAN, D. **Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline**. New Jersey: Prentice-hall, 1996.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre, 2004.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TSUNECHIRO, A. et al. Análise técnica e econômica de sistemas de produção de milho safrinha, região do Médio Paranapanema, São Paulo. **Infobibos**. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_3/Safrinha/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Safrinha/index.htm)>. Acesso em: 20 set. 2015.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VIDOR, A. R. **Adubação nitrogenada da cultura do milho com base na clorofilometria**. 2015. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Curso de Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, 2015.

## GLOSSÁRIO<sup>1</sup>

**Aplicação:** programa que faz uso de serviços de rede tais como transferência de arquivos, *login* remoto e correio eletrônico;

**Aplicativo:** programa de computador desenvolvido para executar uma função específica, normalmente para o usuário. Em alguns casos, podem desempenhar funções para outros programas como para o sistema operacional;

**Array:** 1. Tabela ou coleção de elementos ordenados em forma de tabela; 2. Em Tecnologia da Informação (TI), significa um grupo de elementos com atributos semelhantes (como discos rígidos) que podem ser endereçados individualmente;

**B2B:** do inglês *Business-to-Business*. Expressão utilizada para indicar operações de comércio eletrônico entre empresas;

**B2C:** do inglês *Business-to-Consumer*. Expressão utilizada para indicar operações de comércio eletrônico voltadas para o usuário final;

**Backbone:** infra-estrutura de alta velocidade que interliga várias redes.

**Backup:** rotina de segurança utilizada para a armazenagem, normalmente em mídia removível, de toda ou parte das informações existentes nos discos rígidos ou na rede;

**Banda larga:** denominação genérica de uma linha de alta velocidade de transmissão de dados usada para o acesso à internet;

**Bps (*bits per second*):** medida pela qual *bits* de dados são transmitidos por um meio de comunicação, como um modem;

---

<sup>1</sup> **FAQ ENCICLOPEDIA.** Disponível em: <<http://www.multiplus.com/Enciclopedia/Internet/a.asp>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

**Browser:** o mesmo que navegador. Programa que permite visualizar imagens, fotos, sons, vídeos e textos na internet;

**Compartilhamento:** método pelo qual um computador roda vários programas de maneira independente, permitindo, por exemplo, que vários sites ou aplicações fiquem instalados na mesma máquina;

**DNS:** (*Domain Name System* ou Sistema de Nomes de Domínios) é um sistema de gerenciamento de nomes hierárquico e distribuído. Quando você solicita ao seu navegador, cliente de e-mail, cliente de *ftp*, ou qualquer outro aplicativo um determinado domínio, automaticamente ele faz uma requisição ao servidor *DNS* configurado, e encontra o respectivo endereço *IP* da máquina que fornece o serviço. Essa estrutura possibilita utilizar “nomes” ao invés de “*IPs*” que são muito mais amigáveis;

**Domínio:** nome pelo qual determinada instituição ou computador é identificado pelo Servidor de Nomes da internet. Também usado com sinônimo de *Web Site*;

**Escalabilidade:** capacidade que determinado equipamento possui para receber implementações evitando que se torne obsoleto ou deixe de atender às necessidades do usuário. Podem incluir, por exemplo, aumento de quantidade de memória, troca de discos ou processador, entre outros.

**Estação de Trabalho:** designação dada ao computador de acesso do usuário. A estação de trabalho pode ser um desktop completo, com todos os dispositivos típicos de um PC ou ser uma máquina mais enxuta, deixando funções como armazenamento para serem executadas pelo servidor.

**Ethernet:** um padrão muito usado para a conexão física de redes locais, originalmente, desenvolvido pelo *Palo Alto Research Center (PARC)* da Xerox nos EUA. Descreve protocolo, cabeamento, topologia e mecanismos de transmissão.

**Firewall:** conjunto de programas e hardware cuja a função é evitar que pessoas não autorizadas acessam sua rede;

**Freeware:** *software* com distribuição gratuita. Geralmente é distribuído pela internet, não sendo necessário o pagamento de licença para o uso;

**FTP:** *File Transfer Protocol*. Protocolo de transferência de arquivos usados na internet. Também é o nome do computador na internet que faz esse tipo de serviço;

**GHz:** *Gigahertz*. Veja *Clock*;

**Handheld:** computador de mão, também conhecido como *PDA*, *pocket PC* ou *palm top*. Equipamento portátil desenvolvido para servir como dispositivo de acesso, apesar de alguns modelos possuírem uma grande capacidade de memória e de processamento;

**Hardware:** designação genérica de todo tipo de equipamento de informática, por exemplo, microcomputador, discos rígidos, memória, impressora, scanner, entre outros;

**Hiperlink:** recurso que permite relacionar com um simples clique no mouse uma determinada palavra ou imagem a um conteúdo. Exemplo: ao clicar sobre a palavra Lista, o internauta é levado para a relação de itens relacionados na referida lista;

**Home Page:** página principal de um site na *Web*;

**Hospedagem:** serviço por meio do qual se pode instalar *software* e máquinas para a publicação de um site;

**Host:** computador central, também designado por servidor;

**Hotspot:** nome dado a determinados lugares, normalmente áreas de grande concentração de pessoas como aeroportos, onde se localizam redes sem fio de alta capacidade cujo uso pode ser feito mediante pagamento ao provedor da infraestrutura;

**HTML:** do inglês *Hypertext Markup Language*. Linguagem com que são feitas a maioria das páginas de informação na *Web*;

**http:** do inglês *Hypertext Transport Protocol*. Protocolo que define como duas máquinas ou programas devem transferir entre si dados e comando no formato da *Web*;

**Hub:** denominação dada ao equipamento para onde convergem dados que chegam de uma ou várias fontes e seguem para um ou vários destinos, dependendo do tipo e do comando recebido. Pode incluir uma *switch* e um roteador;

**Internet:** rede mundial de computadores, também conhecida por *web*;

**Intranet:** rede de computadores interna de uma empresa ou instituição que usa a tecnologia da internet;

**IP:** do inglês do *Internet Protocol*. Um dos protocolos responsáveis pela identificação das máquinas e redes e encaminhamento correto das mensagens entre elas na internet;

**IP Dinâmico:** é o tipo de configuração que o seu provedor de internet configura para seu acesso. Em linhas gerais pode-se dizer que na maioria das vezes as conexões para usuários domésticos tem *IP Dinâmico*, como *NET* e *Speedy*, por exemplo;

**IP Estático ou Fixo:** é o tipo de configuração que o provedor de internet disponibiliza para o seu acesso. Devido à escassez de *IPs* na Internet, em grande parte dos casos os clientes pagam mais para ter *IPs* estáticos, que não sofrem modificação;

**Kbps:** *Kilobytes* por segundo. Unidade de medida utilizada para medir a velocidade de transmissão de dados na rede, normalmente em conexão *dial-up*;

**LAN:** Do inglês *Local Area Network* ou rede local;

**Largura de Banda:** Em inglês, *Bandwidth*. Quantidade de informação que pode ser transmitida em um determinado meio de comunicação durante uma unidade de tempo;

**LED:** do inglês *Light Emitting Diod* ou diodo emissor de luz. Pequeno semiconductor que tem a capacidade de emitir luz visível, quando submetido a uma corrente elétrica;

**Link:** abreviação de *Hiperlink*. Veja *Hiperlink*;

**Login:** identificação para acesso a um determinado computador ou sistema;

**MB:** *megabyte*. Unidade de medida utilizada para dar a dimensão de capacidade de armazenamento;

**MHz:** *Megahertz*. Veja *Clock*.

**OCR:** do inglês *Optical Character Recognition*. Programa utilizado para reconhecer textos existentes em documentos digitalizados, tornando a informação disponível para ser utilizada, por exemplo, em processadores de texto como o *Microsoft Word*;

**Offline:** “Fora da linha”. Desligado da rede ou sem comunicação telefônica;

**Online:** no dicionário “*Longman of Contemporary English*”, o termo significa diretamente conectado a ou controlado por um computador. Já o Dicionário Prático de Informática Michaelis traduz como “processamento interativo no qual um usuário introduz comandos e dados”;

**PDF:** *Portable Document Format*. Tipo de arquivo que possibilita a troca entre máquinas, preservando a diagramação, a fonte e o tamanho;

**Peer-to-peer (P2P):** conexão de dois ou mais microcomputadores e outros dispositivos de rede sem a presença dos servidores;

**Periférico:** denominação dada a todo dispositivo utilizado para comunicação ou interface entre o computador e o usuário ou entre o computador e outro computador. Entram nessa categoria, por exemplo, modem, impressora, scanner, entre outros;

**Pixel:** é a unidade de medida lógica utilizada para determinar a resolução de um monitor. A medida do pixel varia de acordo com a resolução física utilizada. Se for utilizada a resolução máxima do monitor, um pixel corresponderá a exatamente um ponto no monitor;

**Plataforma:** expressão utilizada para denominar a tecnologia empregada em determinada infra-estrutura de Tecnologia da Informação (TI) ou telecomunicações, garantindo facilidade de integração dos diversos elementos dessa infra-estrutura. Em TI, por exemplo, pode-se falar;

**Porta:** uma abstração usada pelo protocolo *TCP/IP* para distinguir entre conexões simultâneas para um único host destino. O termo também é usado para denominar um canal físico de entrada ou de um dispositivo;

**Protocolo:** uma descrição formal de formatos de mensagem e das regras que dois computadores devem obedecer ao trocar mensagens. Um conjunto de regras padronizado que especifica o formato, a sincronização, o sequenciamento e a verificação de erros em comunicação de dados;

**RAM:** do inglês *Random Access Memory*. É a memória disponível para uso das aplicações e processamentos. Seu conteúdo volátil é perdido sempre que o computador é desligado. A quantidade de *RAM*, cujo limite é determinado pelo sistema operacional, é um dos componentes;

**Rede:** genericamente um conjunto de computadores ligados que se comunicam entre si;

**ROM:** do inglês *Read Only Memory*. Espaço da memória que contém informações fundamentais para a inicialização do computador, garantindo, por exemplo, o acionamento dos drives de *CD-ROM*, disco rígido ou flexível e a chamada do sistema operacional;

**Roteador:** dispositivo responsável pelo encaminhamento de pacotes de comunicação em uma rede ou entre redes. Tipicamente, uma instituição, ao se conectar à internet, deverá adquirir um roteador para ligar sua Rede Local (*LAN*) ao ponto de presença mais próximo;

**Scanner:** dispositivo óptico utilizado nos processos de digitalização de textos e imagens;

**Search Engine:** o mesmo que Mecanismo de Busca. Usada no apoio à pesquisa, na internet, de servidores com páginas associadas a um determinado tema ou que incluam determinadas palavras;

**Servidor:** 1. No modelo cliente-servidor, é o programa responsável pelo atendimento a determinado serviço solicitado por um cliente. Serviços como *archie*, *Gopher*, *WAIS* e *WWW* são providos por servidores; 2. Computador que provê recursos para outros computadores da *red*;

**Shareware:** programa distribuído gratuitamente, cuja utilização completa, após um período de teste, obriga o utilizador ao pagamento de determinada quantia;

**Sistema Operacional:** é o principal programa do computador e responsável pelo controle do equipamento em si, gerenciando o uso dos dispositivos (memória, drivers) e programas (processadores de texto, planilhas de cálculo) e demais periférico;

**Site:** 1. Computador ou conjunto de computadores; 2. Endereço na internet onde está hospedada uma página *Web*;

**Software Livre:** denominação dada a determinados aplicativos cujo código-fonte é de domínio público e, em geral, gratuito;

**Software Pirata:** Cópia não autorizada de um sistema operacional ou aplicativo. Seu uso é ilegal e quem o usa pode ser preso;

**TCP/IP:** acrônimo de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*, é a família de protocolos para a comunicação de dados inter-redes, originalmente proposta para a *Advanced Research Products Agency Network (ARPANet)*;

**Upload:** o contrário do *download*. Transferência do computador pessoal para um servidor localizado remotamente;

**Uptime:** tempo em que o computador fica operacional. O desejável é que esse tempo fosse o mais próximo de 100%;

**URL:** *uniform Resource Locator*. Especificação (em forma de número ou nome) pela qual qualquer recurso da internet pode ser localizado. Endereço;

**Usabilidade:** é a medida de qualidade e eficiência da experiência do usuário com um determinado produto, que pode ser desde um rádio-relógio até uma página da internet;

**USB:** do inglês *Universal Serial Bus*. Tipo de conexão entre o computador e periféricos que apresenta uma série de vantagens sobre as portas seriais e paralelas tradicionais como maior velocidade de transmissão de dados e facilidade de instalação;

**Utilitário:** programas que desempenham funções de auxílio para o usuário. Podem ser de diversos tipos: limpeza e organização do disco rígido, antivírus, compactadores, entre outros;

**WAN:** do inglês *Wide Area Network*. Tecnologia empregada para estender os benefícios e segurança de uma rede VPN para o ambiente da internet;

**Web:** “Teia”. Abreviatura de *World Wide Web* (Teia Mundial). Conjunto de computadores que funcionam com o protocolo *HTTP* e exibem arquivos em linguagem *HTML*;

**Web site:** domínio, endereço de um servidor web. Nome principal do endereço *www* de uma entidade registrada na internet;

**Wi-Fi:** tecnologia utilizada para a criação de redes sem fio para comunicação em alta velocidade (até 50 *Mbps: megabits por segundo*, com previsão de chegar até 108 *Mbps* em pouco tempo) e que permite a criação de aplicações para uso em equipamentos móveis como *note*.

**ANEXOS**

## ANEXO A – Análise de solo do experimento


**Governo do Estado de Santa Catarina**  
**Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca**  
**Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**

**Laboratório de Análise de Solos**  
 Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos  
 e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolac



## Relatório de Análise de Solo

Produtor...: ANDREI ROQUE VIDOR - CPF 052.758.749-44  
 Localidade...: LINHA PINHEIRINHO  
 Município...: NOVA ERECHIM - SC  
 Remetente...: ANDREI ROQUE VIDOR  
 Município...: NOVA ERECHIM - SC

Data Entrada: 17/07/2014  
 Data Análise: 29/07/2014  
 Data Emissão: 29/07/2014  
 Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	% Argila m/v	pH-Água 1:1	Índice SMP	P mg/dm³	K mg/dm³	% M.O. m/v	Al cmolc/dm³	Ca cmolc/dm³	Mg cmolc/dm³
5175	01	35	5,3	6,3	6,7	290,9	3,5	0,0	6,4	2,0
5176	02	37	5,7	6,4	13,4	284,0	4,0	0,0	6,4	2,8
5177	03	38	6,0	6,5	8,7	276,0	4,3	0,0	7,0	3,7

Nº Lab.	Ref.	H + Al cmolc/dm³	CTC pH7.0 cmolc/dm³	Al (valor m)	% Saturação na CTC a pH7.0				Relações		
					Bases	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
5175	01	2,95	12,07	0,00	75,53	5,93	53,02	16,57	3,20	8,94	2,79
5176	02	2,75	12,68	0,00	78,28	5,73	50,47	22,08	2,29	8,81	3,85
5177	03	2,51	13,92	0,00	81,94	5,07	50,29	26,58	1,89	9,92	5,24

EVANDRO SPAGNOLLO  
 Eng.-Agr. Dr. CRFA-SC 53.652-8  
 Responsável Técnico

Nota: mg/dm³ = ppm, cmolc/dm³ = meq/100g

A análise requer uma amostragem representativa da área.

Um adequado manejo do solo reduz as perdas por erosão.

Consulte um engenheiro-agrônomo para correta recomendação da adubação.

Selo digital de fiscalização de laudo  
 8DAE4717-A270-45AA-9552-2F64A65BDBBE  
 Confira os dados do laudo em:  
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf)  
 Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791  
 89801-970 Chapecó, SC

Fone: (49) 3331-0633, fax: (49) 3361-0633

E-mail: labsolosch@epagri.sc.gov.br

OBS.: Fone do laboratório (49)2049-7570 e 2049-7524



Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca  
**Epagri** Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

**Laboratório de Análise de Solos**  
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos  
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

**Relatório de Análise de Solo**

Produtor...: ANDREI ROQUE VIDOR - CPF 052.758.749-44

Localidade...: LINHA PINHEIRINHO

Município...: NOVA BRECHIM - SC

Remetente...: ANDREI ROQUE VIDOR

Município...: NOVA BRECHIM - SC

Data Entrada: 17/07/2014

Data Análise: 05/08/2014

Data Emissão: 01/09/2014

Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	S mg/dm³	Zn mg/dm³	Cu mg/dm³	Mn mg/dm³	B mg/dm³	Fe g/dm³	C.E. mS/cm
5175	01	--	19,3	12,6	>50,0	0,3	3,5	--
5176	02	--	19,1	14,1	>50,0	0,3	2,8	--
5177	03	--	22,0	16,7	39,8	0,4	3,0	--

EVANDRO SPAGNOLHO

Eng. -Agr. Dr. CRMA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Nota: mg/dm³ = ppm, cmolc/dm³ = meq/100g

A análise requer uma amostragem representativa da área.

Um adequado manejo do solo reduz as perdas por erosão.

Consulte um engenheiro-agrônomo para correta recomendação da adubação.

Selo digital de fiscalização de laudo  
1BFC8B34-F268-465C-88E2-AAED63DD16C2  
Confira os dados do laudo em:  
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf)  
Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791  
89801-970 Chapecó, SC  
Fone: (49) 3331-0633, fax: (49) 3361-0633  
E-mail: [labsolosch@epagri.sc.gov.br](mailto:labsolosch@epagri.sc.gov.br)  
OBS.: Fone do laboratório (49)2049-7570 e 2049-7581.



Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca  
Epagri Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

**Laboratório de Análise de Solos**  
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos  
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

**Relatório de Análise de Solo**

Produtor...: ANDREI ROQUE VIDOR - CPF 052.758.749-44

Localidade...: LINHA PINHEIRINHO

Município...: NOVA ERECHIM - SC

Remetente...: ANDREI ROQUE VIDOR

Município...: NOVA ERECHIM - SC

Data Entrada: 17/07/2014

Data Análise: 05/08/2014

Data Emissão: 01/09/2014

Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	S mg/dm <sup>3</sup>	Zn mg/dm <sup>3</sup>	Cu mg/dm <sup>3</sup>	Mn mg/dm <sup>3</sup>	B mg/dm <sup>3</sup>	Fe g/dm <sup>3</sup>	C.E. mS/cm
5175	01	--	19,3	12,6	>50,0	0,3	3,5	--
5176	02	--	19,1	14,1	>50,0	0,3	2,8	--
5177	03	--	22,0	16,7	39,8	0,4	3,0	--

EVANDRO SPAGNOLICO

Eng.-Agr. Dr. CRMA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Nota: mg/dm<sup>3</sup> = ppm, cmolc/dm<sup>3</sup> = meq/100g

A análise requer uma amostragem representativa da área.

Um adequado manejo do solo reduz as perdas por erosão.

Consulte um engenheiro-agrônomo para correta recomendação da adubação.

Selo digital de fiscalização de laudo  
1BFC8B34-F268-465C-88E2-AAED63DD16C?  
Confira os dados do laudo em:  
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf)  
Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791  
89801-970 Chapecó, SC  
Fone: (49) 3331-0633, fax: (49) 3361-0633  
E-mail: labsolosch@epagri.sc.gov.br  
OBS.: Fone do laboratório (49)2049-7570 e 2049-7581.

**Laboratório de Análise de Solos**  
 Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos  
 e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC - Rolas

**Relatório de Análise de Solo**

Produtor...: ANDREI ROQUE VIDOR - CPF 052.758.749-44

Localidade...: LENHA PINHEIRINHO

Município...: NOVA ERECHIM - SC

Remetente...: ANDREI ROQUE VIDOR

Município...: NOVA ERECHIM - SC

Data Entrada: 17/07/2014

Data Análise: 05/08/2014

Data Emissão: 05/08/2014

Análise.....: Particular

Nº Lab.	Ref.	S mg/dm <sup>3</sup>	Zn mg/dm <sup>3</sup>	Cu mg/dm <sup>3</sup>	Mn mg/dm <sup>3</sup>	B mg/dm <sup>3</sup>	Fe g/dm <sup>3</sup>	C.E. mS/cm
5175	01	--	--	--	--	0,3	--	--
5176	02	--	--	--	--	0,3	--	--
5177	03	--	--	--	--	0,4	--	--



KVANDRO SPAGNOLIO

Eng.-Agr. Dr. CRMA-SC 53.652-8

Responsável Técnico

Nota: mg/dm<sup>3</sup> = ppm, cmolc/dm<sup>3</sup> = meq/100g

A análise requer uma amostragem representativa da área.

Um adequado manejo do solo reduz as perdas por erosão.

Consulte um engenheiro-agrônomo para correta recomendação da adubação.

Selo digital de fiscalização de laudo  
 1BFC8B34-F268-465C-88E2-AAAD63DD16C2  
 Confira os dados do laudo em:  
<http://solosch.epagri.sc.gov.br/>

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf)  
 Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791  
 89801-970 Chapecó, SC  
 Fone: (49) 3331-0633, fax: (49) 3361-0633  
 E-mail: [labsolosch@epagri.sc.gov.br](mailto:labsolosch@epagri.sc.gov.br)  
 OBS.: Fone do laboratório (49)2049-7570 e 2049-7581.