

**Universidade de São Paulo**  
**“Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”**  
**Departamento de Engenharia de Biosistemas**

## **RELATÓRIO FINAL**

### **DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES JUNTO AO GRUPO GMAP (GRUPO DE MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**Estágio Supervisionado Não Obrigatório – 2010**

**DOCENTE: Prof. Dr. José Paulo Molin**  
**ESTAGIÁRIO: Iurhy da Silva Rezende**

Piracicaba, São Paulo  
Fevereiro, 2010

# **DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES JUNTO AO GRUPO GMAP (GRUPO DE MECANIZAÇÃO E AGRICULTURA DE PRECISÃO**

## **1. Resumo e Justificativa do Estágio**

Recentemente muito tem se comentado sobre o avanço das tecnologias visando o aumento da produção agrícola e uma das ferramentas que pode otimizar a agricultura, que é a Agricultura de Precisão (AP). Pesquisadores definem agricultura de precisão como sendo um conjunto de técnicas que pressupõe no gerenciamento da cultura, ou ainda, como uma tecnologia moderna que gerencia o manejo do solo, a aplicação de insumos de forma adequada, considerando e gerenciando também a variabilidade do solo. Portanto, AP incorpora uma visão sistêmica da produção e visa gerenciar a variabilidade temporal e espacial ao nível de talhão. Diante do exposto definiu-se como objetivo do estágio acompanhar as atividades do gMAP (Grupo de Mecanização e Agricultura de Precisão), com tarefas ligadas a agricultura de precisão, como coletas de amostras em campo e manipulação de dados georreferenciados.

## **2. Introdução**

A agricultura tem passado por uma série de transformações, tornando a atividade cada vez mais competitiva e exigindo do produtor maior nível de especialização, capacidade de gerenciamento e profissionalismo. Os produtores, além de administradores, cada vez mais têm que assumir a função de produtores pesquisadores de suas áreas, atuando diretamente na coleta de informações, interagindo com novas técnicas e tomando decisões eficazes de manejo.

Nos primeiros dez anos, as pesquisas em AP concentravam-se no desenvolvimento de sensores, especialmente para mapeamento da produtividade das lavouras. Com a disponibilização do GPS - conjunto de satélites americanos que foram empregados na “guerra fria” - a partir de 1990, houve considerável incremento nas pesquisas voltadas para AP. Em geral, todos os grandes centros de pesquisa em engenharia agrícola e agricultura estão trabalhando no desenvolvimento de técnicas de

AP, e as indústrias de máquinas agrícolas têm acompanhado este desenvolvimento. Atualmente, grandes números de indústrias fabricam máquinas e sistemas de controle, e há empresas especializadas no desenvolvimento de “softwares” para a AP (MANTOVANI & GOMIDE, 2000).

Segundo Molin (2002), uma definição mais atual de AP com visão sistêmica do conjunto de ações que a compõe pode ser adotada: a AP seria, acima de tudo, um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola que emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para que as lavouras e sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento-chave o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos. Para outros autores, (Schueller, (1992); Weida e Borgelt, 1993), a AP é um método de administração cuidadosa e detalhada do solo e da cultura para adequar as diferentes condições encontradas em cada pedaço de lavoura, tendo em vista a desuniformidade intrínseca dos solos.

Nos Estados Unidos da América, estimativas feitas em 2001 já indicavam a existência de 30 mil colhedoras equipadas com monitores de colheita (capazes de indicar variabilidade no rendimento de grãos das culturas) e a perspectiva para 2002 de que 35% da área cultivada teria colheita monitorada e 32% da área seria coberta por amostragem de solo em grade (técnica de amostragem de solo empregada para representar a variabilidade do solo). Também indicavam que o maior uso das ferramentas da AP estaria concentrado no meio-oeste americano, em relação ao restante do país (MOLIN, 2001).

Embora a AP tenha começado focando grandes áreas agrícolas com grãos, principalmente devido à grande área que estas ocupam, os fundamentos vêm sendo aplicados a outras culturas.

Segundo Balastreire et al., (1997) as primeiras pesquisas voltadas para AP no Brasil começaram na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) em 1997, onde um trabalho pioneiro com a cultura de milho resultou no primeiro mapa de variabilidade de colheita do Brasil. Em termos de qualificação é de grande importância a iniciativa da ESALQ/USP, com atividades de pesquisa em AP, especialmente no Departamento de Biosistemas.

Muitas são as ferramentas com possibilidade de uso segundo, alguns pesquisadores. Schoenau & Greer, (1996) citam alguns como o Sistema de Posicionamento Global (SPG ou GPS), sistema de informações geográficas (SIG ou GIS), tecnologia de aplicação em taxa variável (VRT), monitoramento das áreas (“Crop

Scouting”), sensoriamento remoto, monitores de colheita, amostradores de solo, balizadores de aplicação (aérea e tratorizada), sensores de matéria orgânica, sensores de plantas daninhas, sensores de umidade de solo, de pH, de NO<sub>3</sub> no solo, sensores de compactação (penetrômetros), sensores de condutividade elétrica do solo, sensores de doenças, sensores de umidade e de proteína de grãos, clorofilômetros, sensores de dinâmica da fertilidade, entre outros.

O sensoriamento remoto (SR) contribuiu muito para o avanço da AP. A informação é adquirida pela detecção e medição das mudanças que o objeto impõe ao campo ao seu redor e este sinal pode incluir um campo eletromagnético emitido e/ou refletido, ondas acústicas refletidas e/ou perturbadas pelo objeto ou as perturbações do campo de gravidade ou potencial magnético com a presença do objeto. Geralmente a aquisição de informações é baseada na captação dos sinais eletromagnéticos desde a onda longa de rádio, passando pelas microondas, submilímetro, infravermelho termal, médio e próximo, visível, ultravioleta, raios X até os raios gama (LIU, 2007).

Os sensores utilizados pelo sensoriamento remoto são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro e gerar informações que possam ser transformadas num produto passível de interpretação, que seja na forma de imagem, gráfica ou de tabelas. Os sistemas sensores são basicamente formados por uma parte óptica (coletor), constituída por lentes e espelhos, que tem o objetivo de captar e direcionar a energia proveniente dos alvos detectores. Quando o sistema emite radiação e, após ter interagido com o alvo, capta a parte que voltou, o sistema é denominado ativo, pois possui sua própria fonte de radiação. Neste caso, o sensor pode operar durante o dia ou à noite (MOREIRA, 2005).

### **3. Descrição das Atividades Desenvolvidas**

#### **3.1 Participação na Jornada de Atualização em Agricultura de Precisão**

A Agricultura de Precisão não é um termo bastante conhecido para algumas pessoas, e pouco se sabe em grande maioria das ferramentas que são utilizadas para agricultura de precisão. Muitas vezes as funcionalidades das técnicas utilizadas para AP são de certa forma misteriosas e pouco comentadas. O domínio dessas técnicas promove ao profissional um horizonte maior, com novos valores e maior confiabilidade do cliente. Os avanços no agronegócio deixam bem visível que o profissional necessita se qualificar e dominar as práticas ligadas a AP.

A busca por novas experiências e informações é bastante grande, com isso os grandes profissionais sempre são alvos de grandes procuras para alimentar os intensos e coletivos usuários que procuram essas informações. Dessa forma a participação na Jornada de Atualização em Agricultura de Precisão abordou assuntos ligados a conceituação em Agricultura de Precisão, recentes desenvolvimentos a nível mundial e novas tendências, sistema GPS, sensoriamento direto e remoto, monitoramento da variabilidade espacial no solo, sistema de aquisição de dados e processamento em microcomputadores, uma rápida passagem por sistema de informações geográficas (SIG), aplicação localizada de insumos e o uso do GPS na agricultura. Esses assuntos foram abordados em uma carga diária 10 h ao longo de 5 dias, com aplicações teóricas e práticas.

Diante do exposto foi de grande importância o acompanhamento e compreensão das outras tarefas acompanhadas durante o período de estágio.

### **3.2 Avaliação de um clorofilômetro (Minolta SPAD-502) em cultura de Cana-de-Açúcar e Milho sob diferentes condições de umidade**

Na década de 1990 foi disponibilizado um equipamento capaz de gerar grandezas relacionadas com os teores de clorofila, o clorofilômetro *Soil Plant Analysis Development* (SPAD-502, Minolta, Japão). O clorofilômetro possui diodos que emitem radiação em 650 nm (luz vermelha) e 940 nm (radiação infravermelha). Durante a mensuração a luz passa pela folha e é recebida por um fotodiodo de silicone onde é convertida primeiramente em sinais elétricos analógicos e depois em sinais digitais. Esses sinais passam por um microprocessador que calcula valores proporcionais aos de teor de clorofila presente na folha (MINOLTA, 1989).

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes. Tradicionalmente os métodos utilizados para determinação do teor de clorofila requerem destruição das folhas, o que é uma desvantagem em estudos que visem determinar o efeito da ontogenia da folha no grau de esverdeamento. Além disso, esses métodos são muito demorados e onerosos (JESUS & MARRENCO, 2008).

A determinação da clorofila é tradicionalmente realizada pela extração dos solutos foliares e posterior determinação espectrofotométrica, utilizando comprimentos de onda na região do vermelho do espectro de luz visível (Rajcan et al., 1999) no entanto, há de se considerar a rapidez e segurança dos métodos empregados na amostragem (Fontes, 2001). Por isso, o medidor de clorofila Minolta SPAD-502 tem sido investigado como instrumento para rápido diagnóstico do estado nutricional de diversas culturas em relação ao conteúdo de N, agregando vantagens como a simplicidade no uso, além de possibilitar uma avaliação não-destrutiva do tecido foliar (Argenta et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi verificar se o clorofilômetro SPAD-502 é sensível a variação da umidade, ou orvalho propriamente dito em diferentes horas do dia.

O trabalho foi realizado em área com cana soca pertencente a Usina São Martinho, em Pradópolis, SP e com milho no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

A metodologia proposta para a cultura da cana-de-açúcar e milho foram da seguinte forma: na cultura da cana-de-açúcar foram medidas cinco plantas por linha, medindo-se a última folha com colarinho visível em seu terço médio (aproximadamente os 20 cm centrais da folha) fora da nervura central. Em milho as avaliações foram também se procedeu na última folha com colarinho visível. Para cada folha era feito quatro clipadas totalizando 20 clipadas por linha em ambas as culturas (Figura 1).

Para uma avaliação mais eficiente, em cada planta foi selecionada uma folha para se realizar as aferições durante todos os horários de coletas. Foram efetuadas cinco avaliações disposta nos seguintes horários: 6, 9, 13, 16 e 19 horas. Concluída as leituras, os dados foram manipulados em planilha eletrônica do Microsoft<sup>®</sup> Office Excel 2007, fazendo-se a média dos horários. Para ambas as culturas usaram-se o mesmo procedimento experimental.



(1)



(2)

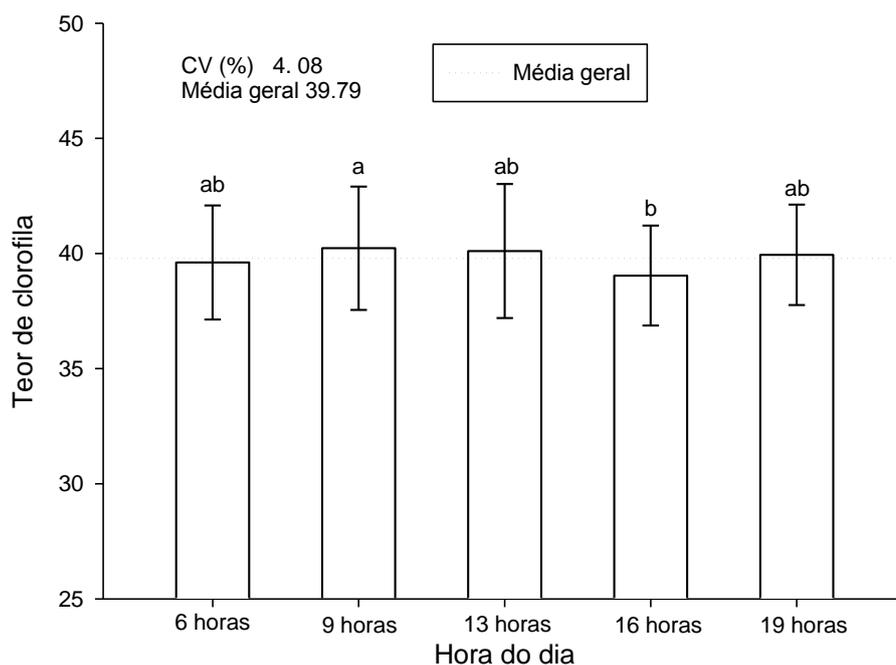
**Figura 1** – Leitura com o clorofilômetro SPAD-502 em cana-de-açúcar.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições. Os dados obtidos foram comparados pelo software Sisvar 4.3 (Ferreira, 2000), usando teste de Tukey a 5% de probabilidade a fim de verificar se há diferenças significativas entre os horários de coleta com o clorofilômetro SPAD-502.

Os resultados obtidos revelaram valores significativos, mostrando diferença entre as médias para a cultura da cana-de-açúcar. Às 16 horas tivemos a temperatura mais alta do dia e média mais baixa de teor de clorofila. Tal fato pode estar intimamente ligado com o estado fisiológico da planta, apesar da cana-de-açúcar ser bastante adaptada a temperaturas elevadas. As 6 e 19 horas foram os horários onde tínhamos baixa luminosidade (Gráfico 1 – SigmaPlot versão 11.0).

Apesar de muitos autores afirmarem que o medidor portátil de clorofila SPAD-502 seja bastante eficiente para determinar o teor de N nas folhas, sua eficiência do não pode ser comprovada neste trabalho, após ter sido relatado que as diferentes horas do dia, e conseqüentemente diferente estado fisiológico da planta pela interferência da umidade, ocasiona aleatoriedade e falta de um seguimento de valores estáveis.

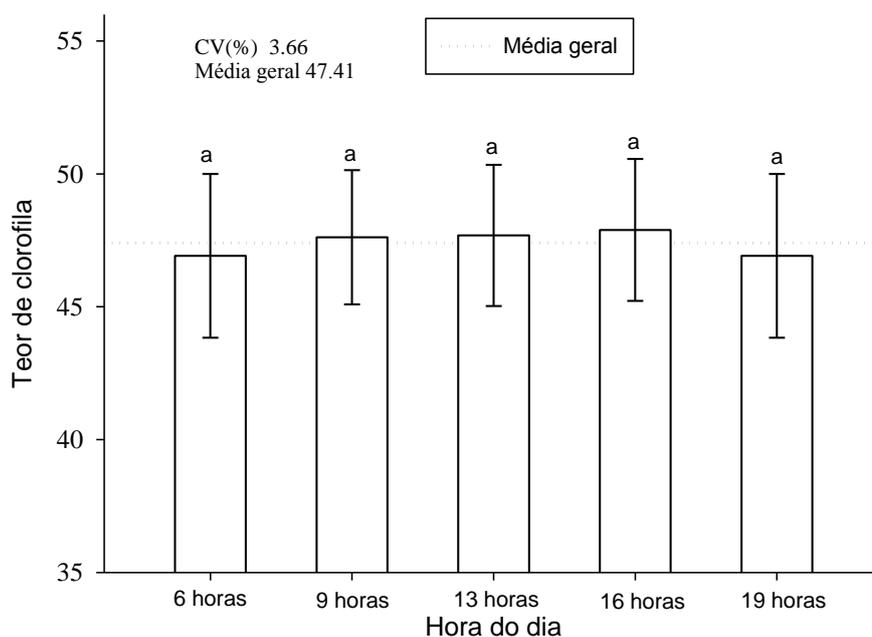
Uma possível nova avaliação em cana-de-açúcar deveria ser feita para se ter mais eficiência nos resultados obtidos, para gerar uma justificativa melhor sobre o SPAD-502 e sua possível ineficiência sob condições de orvalho no limbo foliar. Um novo experimento poderia ser executado com uma metodologia de testes com controle de temperatura.



**Gráfico 1** – Teor de clorofila medido com SPAD-502 em função das diferentes horas do dia em cultura de Cana-de-açúcar. Letras iguais denotam que não houve diferença estatística durante as diferentes horas (P 0,05, teste de Tukey). As barras indicam o desvio-padrão das médias (n = 30).

Em milho, as leituras feitas com o clorofilômetro SPAD-502 se mantiveram similares e bastante próximas durante todas as horas do dia, não apresentando assim, diferença significativa entre as médias apresentadas. Houve uma pequena tendência de valores mais altos durante as horas do dia onde as condições de umidades estavam mais baixas, mas não elevaram valores a ponto de significância (Gráfico 2 – SigmaPlot versão 11.0).

O SPAD-502 mostrou-se eficiente no cálculo de clorofila sob diferentes condições de umidade na cultura do milho.



**Gráfico 2** – Teor de clorofila medido com SPAD-502 em função das diferentes horas do dia em cultura de Milho. Letras iguais denotam que não houve diferença estatística durante as diferentes horas (P 0,05, teste de Tukey). As barras indicam o desvio-padrão das médias (n = 30).

### **3.3 Avaliação de um sensor ótico ativo de reflectância (*ACS- 210 Crop Circle, Holland Scientific*) em cultura de Cana-de-Açúcar e Milho sob diferentes condições de umidade**

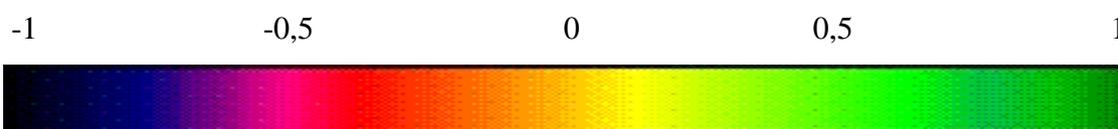
A técnica mais usual para estudos da vegetação por meio de dados de SR é utilizando de índices de vegetação (IV). Os IVs são funções de bandas espectrais, onde os mesmos buscam minimizar a variabilidade causada por fatores externos como, por exemplo, geometria da fonte-sensor-alvo e diferenças de solos (PONZONI, 2001).

Dentre os índices de vegetação, o NDVI é o mais conhecido e utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação (SOUSA & PONZONI, 2007). Para a análise dos índices de vegetação, algumas considerações são importantes.

A vegetação tem reflectância baixa na região da luz visível, devido à clorofila que absorve a radiação solar para permitir a fotossíntese, e alta na do infravermelho próximo, pois o tecido das folhas tem baixa absorção desses comprimentos de onda. A cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo. Assim, a diferença entre as reflectâncias nesses comprimentos de onda tende a

decrecer quanto maior o nível de estresse hídrico da cobertura vegetal (POELKING et. al., 2007).

Ainda Poelking et. al., (2007) reforçando que os valores de NDVI oscilam entre -1 e +1 (Figura 2), que correspondem, respectivamente, às características de estresse hídrico e de uma vegetação exuberante. A água tem reflectância na banda 3 maior do que na banda 4, portanto apresenta valores negativos, próximos a -1, no NDVI o mesmo ocorrendo com áreas de sombra. As nuvens refletem de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto espera-se que o valor do pixel seja em torno de zero. O solo nu ou com vegetação rala apresenta valores positivos, mas não muito elevados. Vegetação densa e bem desenvolvida apresenta os maiores valores de NDVI, próximos a 1.



**Figura 2** - Valores da razão entre as bandas do Infravermelho e Vermelho (NDVI) (adaptado de Sartori, et al., 2009).

O trabalho foi realizado em área com cana-de-açúcar pertencente a Usina São Martinho, no município de Pradópolis/SP e área com milho no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

As leituras do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram realizadas passando-se o sensor ótico ativo Crop Circle sobre a fileira de 10 m, sendo quatro repetições (Figura 3).

Os tratamentos consistiam em 5 espaços horários predeterminados (6, 9, 13, 16 e 19 horas), tentado dessa forma encontrar a planta em diferentes estados biofísicos. Em cada horário se realizava uma leitura com o sensor ótico ativo, obtendo assim um valor de NDVI. O sensor foi ajustado para coletar 10 pontos por segundo, com velocidade de caminhada de aproximadamente 1 m/s.

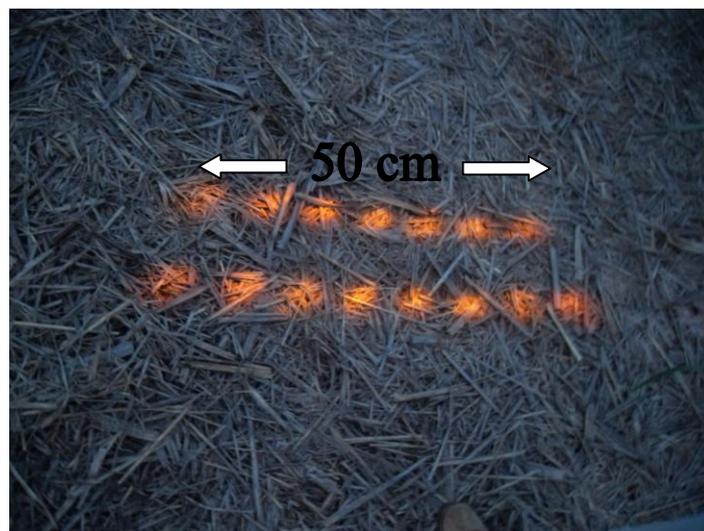
O sensor utilizado é um ótico ativo, Crop Circle (*Holland Scientific, Inc.* Lincoln, NE), que consiste em um sensor portátil, que trabalha com dois comprimentos de onda, uma na região do amarelo (590 nm) e outra no infravermelho próximo (880 nm), e tem uma frequência de coleta de até dez dados por segundo. O sensor deve ficar a uma distância entre 0,25 a 2,00 m da cultura, e coleta os dados dinamicamente, apenas uma fileira de plantas por vez.

Os valores de NDVI obtidos após o processo foram manipulados em planilha eletrônica do Microsoft® Office Excel 2007, fazendo-se a média dos horários. Os dados obtidos foram comparados pelo software Sisvar 4.3 (Ferreira, 2000), usando teste de Tukey a 5% de probabilidade a fim de verificar se há diferenças significativas entre os horários de coleta de dados pelo sensor óptico ativo.

Este trabalho teve como objetivo investigar há interferência da umidade (orvalho) altera as leituras feitas pelo Crop Circle.

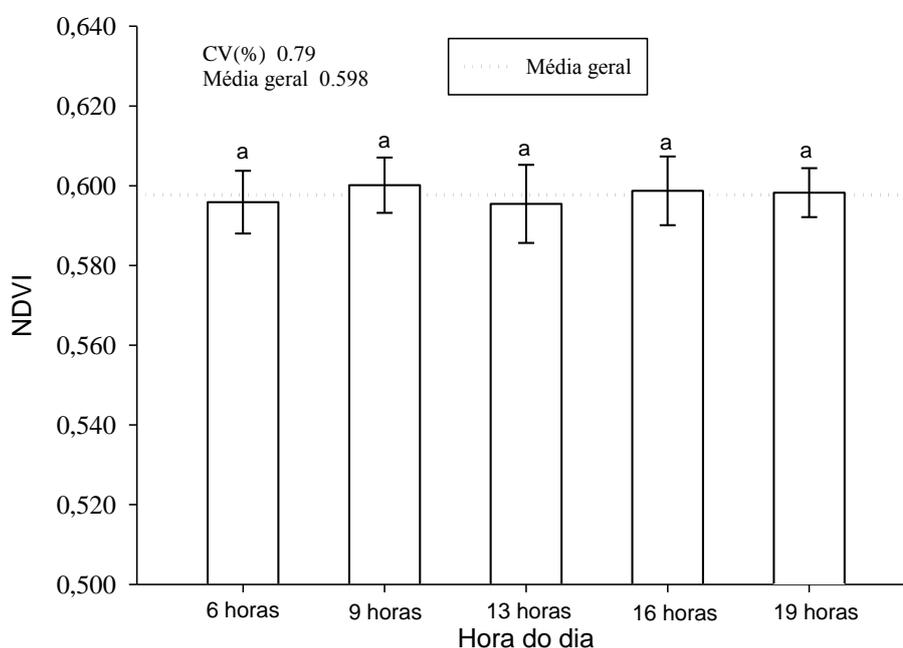


**Figura 3** – Escaneando fileiras de Cana-de-açúcar com Crop Circle (*ACS- 210, Holland Scientific*) (1) e Milho (2).



**Figura 4** - Luminosidade que são emitidas pelo sensor.

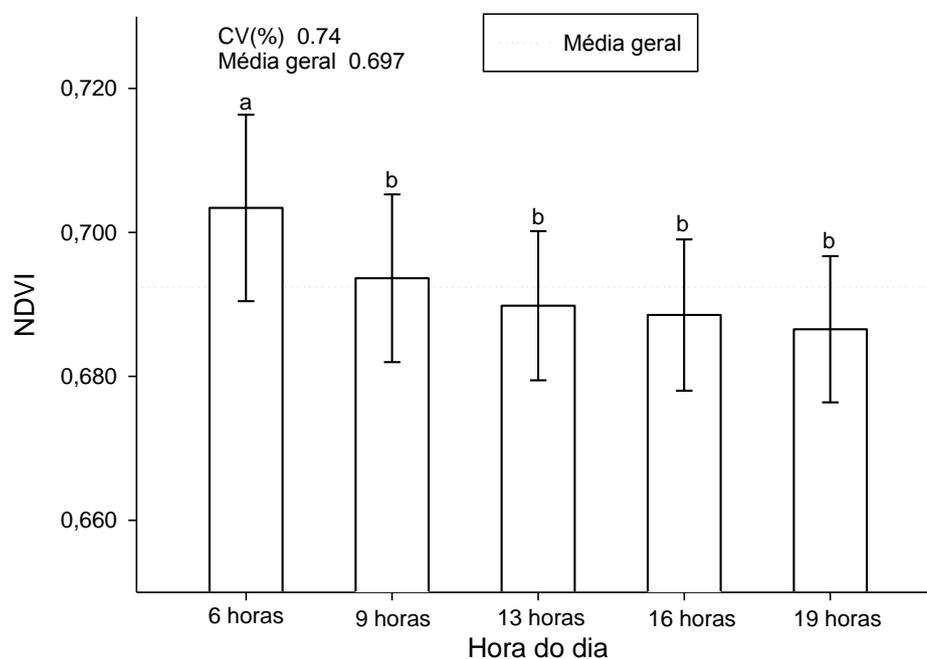
Os dados de leitura de NDVI, gerados pelo sensor estão apresentados no gráfico abaixo (Gráfico 3 – SigmaPlot versão 11.0). Em cultura de cana-de-açúcar as médias não apresentaram diferença estatística significativa, mostrando uma verossimilhança entre os diferentes horários de coletas. É importante ressaltar que os horários mais quentes no momento da passagem do sensor foram as 13 e 16 horas e mesmo assim não conseguimos verificar valores fora da paridade entre os outros horários.



**Gráfico 3** – NDVI medido com Crop Circle (*ACS- 210, Holland Scientific*) em função das diferentes horas do dia em cultura de Cana-de-Açúcar. Letras iguais denotam que não houve diferença estatística durante as diferentes horas (P 0,05, teste de Tukey). As barras indicam o desvio-padrão das médias (n = 6).

Na cultura do milho, as médias apresentaram diferença estatística significativa. Temos uma situação de médias decrescentes de acordo com os espaços horários predeterminados. Isso pode estar de acordo com o que Poelking et al., (2007) em seus trabalhos índice de vegetação, onde a cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua reflectância no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo. Observe que as médias decrescem de acordo

com as horas do dia, tal fato pode ser explicado com o que foi dito acima (Gráfico 4 – SigmaPlot versão 11.0).



**Gráfico 4** – NDVI medido com Crop Circle (*ACS- 210, Holland Scientific*) em função das diferentes horas do dia em cultura de Milho. Letras iguais denotam que não houve diferença estatística durante as diferentes horas (P 0,05, teste de Tukey). As barras indicam o desvio-padrão das médias (n = 6).

De acordo com os resultados obtidos em cultura de cana-de-açúcar e em milho, é bastante visível que o comportamento do sensor muda de cultura para cultura, assim como também o comportamento fisiológico das culturas são diferentes. Fica comprovado que os fatores externos podem modificar as leituras do Crop Circle. Não se pode dizer que as variações são exatamente por causa da influencia da umidade, pois são vários os fatores externos, como a posição das folhas, características do solo, etc.

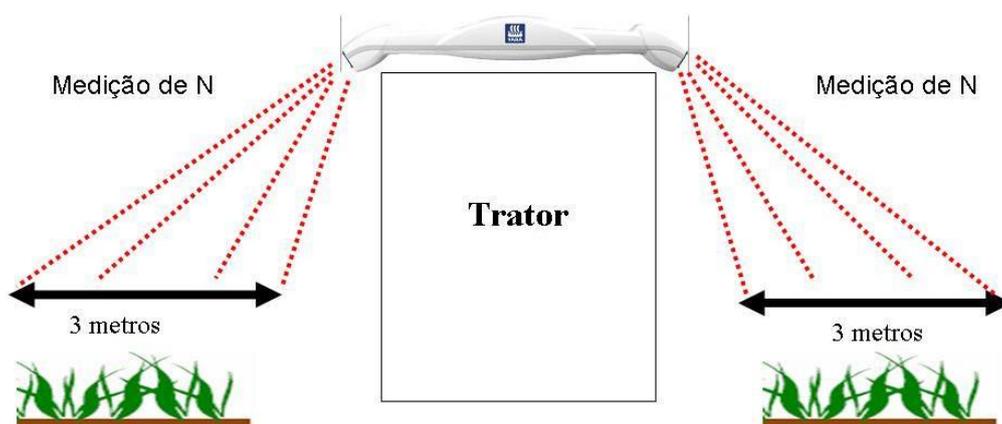
### **3.4 Acompanhamentos de campo de coleta de dados do projeto N-Sensor™ /YARA**

O desenvolvimento do setor canavieiro tem se destacado ultimamente principalmente com o avanço tecnológico voltado para se obter grandes produtividades. Segundo a Conab – (Companhia Nacional de Abastecimento) que realizou o

levantamento da safra de cana-de-açúcar 2009/2010, que está estimada em 7.531 mil hectares, distribuída em todos estados produtores. A maior concentração está em: São Paulo – 4.101,4 mil ha; Paraná – 590,1 mil ha; Minas Gerais – 587,1 mil ha; Goiás – 520,3 mil ha e Alagoas – 448 mil ha. A produtividade média brasileira está estimada em 81.293 kg/hectare, 0,4% maior que a da safra 2008/2009, mostrando um certo equilíbrio nas duas safras e um possível avanço para este ano.

Um trabalho está sendo feito para estabelecer uma relação preliminar entre as medições feitas pelo N-Sensor™ (sensor ótico ativo comercial/Yara) e a real absorção de nitrogênio pela cana-de-açúcar como base para a aplicação de nitrogênio em taxa variável. Também se objetiva com este trabalho, testar o sensor da Yara acoplado a Jacto Uniport NPK Canavieiro. O estudo está sendo desenvolvido em lavouras comerciais da Usina São Martinho. Para o estudo foram escolhidos 4 talhões com solos com textura diferentes, sendo 2 talhões com textura arenosa e 2 talhões com textura argilosa. As avaliações eram feitas aos 20, 40 e 60 cm respectivamente de altura da cana.

As avaliações eram feitas primeiramente escaneando os talhões com o N-Sensor™ (Figura 7) que é um aparelho acoplado a tratores que, através de um sensor, identifica a intensidade de coloração das folhas, traduzindo em uma taxa ótima de aplicação do nutriente, conforme a necessidade das plantas em tempo real.



**Figura 5** - N-Sensor™ ALS (Active System Light)

Após o escaneamento dos talhões com o N-Sensor™ fazia-se mapas dos talhões com SSToolbox® fazendo um mapa com cinco classes distintas. Em cada classe fazia-se

duas amostragens (coleta de planta e pesagem e contagem do número de colmos) e medições com o N-Tester, um clorofilômetro da Yara (Figura 8).

A fitomassa colhida em cada ponto amostral das classes eram moídas e retiradas uma sub-amostra para desidratação e posteriormente análise laboratorial de N, P, K, Ca, Mg e S.



**Figura 6** - N-Tester/Yara (Clorofilômetro).

O estudo continua em andamento e têm-se apenas resultados iniciais. Futuramente irão se desenvolver um algoritmo agrônomo para aplicação de N com base na metodologia do trabalho.

### **3.5 Outras atividades**

Algumas atividades complementares foram executadas, tais como:

- observação de manuseio de PDAs (palm tops) com softwares ligados a AP;
- acompanhamento de manipulação de dados com SSToolbox gerando mapas de NDVI e alocação de pontos para coleta de biomassa dentro das classes;
- acompanhamento de campo de coleta de dados com um sensor ótico ativo de reflectância (ACS- 210 Crop Circle, Holland Scientific);
- avaliação de experimentos comparando três clorofilômetros e um sensor ótico ativo de reflectância.

#### 4. Considerações finais

O estágio realizado trouxe um embasamento teórico/prático ligado a AP, principalmente durante as visitas a Usina São Martinho. Os experimentos realizados foram também de grande importância com contato direto com os equipamentos e manipulação dos próprios.

O contato direto com profissionais ligados a um conhecimento de alto nível gerou e trouxe algumas idéias de como será futuramente o mercado de trabalho voltado para AP, com avanço tecnológico e técnicas de grande eficiência e rapidez.

#### 5. Bibliografia

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BARTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.
- BALASTREIRE, L. A.; ELIAS, A. I.; AMARAL, J. R. do. Agricultura de Precisão: mapeamento da produtividade da cultura do milho. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 97-111, 1997.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.
- FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional de plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.
- JESUS, Simone Verdes de; MARENCO, Ricardo Antonio. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 38, n. 4, Dec. 2008 .
- MANTOVANI, E. C.; GOMIDE, R. L. Agricultura de Precisão. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 16-18, 2000.
- MINOLTA. 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. **Instruction manual**. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp.
- MOLIN, J. P. A realidade de hoje na agricultura de precisão. **Informativo da Fundação ABC**, Castro, p. 4-6, 2001.
- MOLIN, J. P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: **Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto**, 3., 2002, Campinas.

- MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 320 p.
- POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico, **anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4145-4150.
- PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação In: MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais. Brasília: UnB; Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2001. cap. 5, p. 157-199.
- RAJCAN, I.; DWYER, L.; TOLLENAAR, M. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. **Field Crops Research**, Madison, v. 63, p. 13-17, 1999.
- SCHOENAU, J.; GREER, K. Field mapping of soil nutrient supply rates. **Better Crops, Norcross**, v. 80, n. 3, p. 12-13-17, 1996.
- SCHUELLER, J. K. A review and integrating analysis of Spatially-Variable Crop Control of crop production. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 33, p. 1-34, 1992.
- SOUSA, C. L. de; PONZONI, F. J. Avaliação de índices de vegetação e de bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de pinus spp. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 9, 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 1537-1547.
- WIEDA, R., BORGELT, S. T. Geostatistical analysis of plant nutrients from sample nested grids. St. Joseph, **ASAE Paper MCR93-131**, 14p. 1993.