

Universidade de São Paulo
“Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”

USO DE CLOROFILÔMETROS EM CANA-DE-AÇÚCAR

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(2009/2010)

DOCENTE: Prof. Dr. José Paulo Molin

BOLSISTA: Tammy Ferreira Faria

Piracicaba, São Paulo

Julho, 2010

USO DE CLOROFILÔMETROS EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

A cana-de-açúcar tem grande importância econômica para o Brasil por ser matéria prima do açúcar e do etanol, a principal fonte alternativa de energia renovável. A gestão da aplicação de nitrogênio na cultura é vista como um grande desafio ainda a ser trabalhado. Clorofilômetros têm sido propostos na agricultura como uma forma prática e fácil de medir o teor de nitrogênio nas folhas das culturas, pois oferece resultados instantâneos, porém sua eficácia tem sido questionada e este trabalho tem como objetivo estudar comparativamente sensores de clorofila de mercado na detecção de indicadores da resposta a doses de nitrogênio aplicadas em cana. Foram utilizados os clorofilômetros SPAD, N-tester e ClorofiLOG em duas áreas experimentais com características químicas e físicas de solo distintas e em diferentes números de cortes. Os experimentos foram conduzidos em parcelas com doses de nitrogênio (0,100,200 kg ha⁻¹ de N) e os dados obtidos com os sensores foram submetidos a análise de variância, comparação de médias e análises de regressão dos valores apresentados pelos clorofilômetros com valores de análises foliares feitas em laboratório. Verificou-se que as leituras dos clorofilômetros são comparáveis, porém não se relacionaram com os valores das análises foliares, evidenciados pelos baixos valores dos coeficientes de correlação.

1. Introdução

Atualmente, o Brasil é o país com melhores condições de produzir diferentes fontes energéticas, por ser o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e exportador de seus derivados, tendo uma grande influência nos preços internacionais. Etanol é a principal fonte alternativa de energia por atender as maiores preocupações mundial: é

renovável, polui menos, e pode reduzir a dependência do petróleo, afinal pode substituí-lo em várias situações, por serem equivalentes (SEGATO et al., 2006).

Para atender a demanda que vem se ampliando nos últimos tempos é necessário que haja o aumento da produtividade da cana-de-açúcar. Sabe-se que dentre os insumos agrícolas normalmente utilizados o nitrogênio desperta muita atenção por ter o custo consideravelmente elevado e também por ter alto potencial de resposta nas lavouras. Como o nitrogênio tem facilidade em lixiviar, mineralizar, denitrificar e ser absorvido pelo solo, há freqüente ocorrência de má utilização desse insumo (BOOIJ et al., 2001).

Sabe-se que adubos nitrogenados quando utilizados perfeitamente com os demais nutrientes podem auxiliar no aumento do desenvolvimento das culturas, porém quando utilizados em excesso podem acarretar na poluição do lençol freático e de outros ecossistemas aquáticos, pois esse excesso de N é lixiviado. Para suprir essas dificuldades causadas pelo manejo inadequado do nitrogênio no solo buscam-se alternativas, por exemplo, na agricultura de precisão, afinal com a aplicação de adubos nitrogenados a taxa variável pode-se empregar a quantidade adequada de nitrogênio que a cana-de-açúcar necessita aumentando a produtividade, otimizando a rentabilidade e protegendo o meio ambiente (HABOUDANE et al., 2002).

O teor de clorofila da folha se correlaciona positivamente com o teor de N na planta (SCHADCHINA & DMITRIEVA, 1995). Esta relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70% do nitrogênio total das folhas ser integrante de enzimas (CHAPMAN & BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOCKING & ONGUN, 1962).

Os métodos tradicionais utilizados para determinar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido e muito trabalho nos processos de extração e quantificação. O desenvolvimento de medidores portáteis de clorofila, que permitem medições instantâneas do valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la, constituem

uma alternativa para estimar o teor relativo desse pigmento na folha (Dwyer et al., 1991; Argenta et al., 2001). A determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro vem sendo utilizada para prever a necessidade de adubação nitrogenada em várias culturas.

2. Objetivos

O objetivo deste projeto foi estudar a eficácia de sensores de clorofila na detecção de indicadores da resposta a doses de nitrogênio aplicadas em cana em mensurações feitas ao longo dos primeiros quatro meses de seu crescimento, visando futuras técnicas de adubação em taxas variáveis.

3. Material e Métodos

Foram avaliados três clorofilômetros do mercado: SPAD, N-tester (importados) e clorofiLOG (nacional). O SPAD (Minolta) possui diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). A luz em 650 nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de onda associados à atividade da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar as diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou devidas a outros fatores (WASKOM et al., 1996). A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Esses sinais são convertidos em sinais digitais por meio do conversor A/D (MINOLTA, 1989) e são usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD ("Soil Plant Analysis Development"), que são mostrados num visor. Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha, conforme estudos realizados na cultura do milho (DWYER et al., 1995; ARGENTA et al., 2002) e em outras culturas (YADAVA, 1986; MARQUARDT & TIPTON, 1987; TENGA et al., 1989; DWYER et al., 1995).

O N-tester, assim como o SPAD, tem como mecanismos de transmissão dois diodos com os comprimentos de onda de 650 nm e 940 nm, a luz que atravessa a folha encontrando o fotodiodo de silicone. O valor registrado é adimensional, correspondente ao valor de clorofila total (A+B) seu valor é dado após 30 medições sendo o cálculo da média o valor encontrado no visor (UNIVERSITY OF NEBRASKA- LINCOLN, 2010).

O clorofiLOG analisa três faixas de frequência de luz, permitindo um estudo detalhado, obtendo medições rápidas e precisas, com a vantagem de serem obtidos a campo de forma instantânea e poderem ser feitos continuamente sobre a mesma folha, de modo a acompanhar o desenvolvimento da planta (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2009).

Foram selecionadas duas áreas experimentais cultivadas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em solos com características químicas e físicas diferentes e épocas de corte contrastantes. Em duas áreas experimento constaram de três doses de nitrogênio (0,100,200 kg ha⁻¹ de N), aplicadas em três épocas em função da altura média da brotação das soqueiras de cana (cm, medido a partir da primeira folha com aurícula visível, ou seja, a folha +1), com quatro repetições em blocos ao acaso. Os experimentos foram instalados com os seguintes padrões: cada parcela foi constituída de seis fileiras de cana-de-açúcar, espaçadas 1,5 m, com 15 m de comprimento, utilizando como área útil das parcelas os 10 m centrais das quatro fileiras internas.

A fonte de nitrogênio foi o nitrato de amônia, buscando-se minimizar as perdas de N por volatilização e a interferência de outros nutrientes, aplicado superficialmente e de forma manual, de acordo com cada tratamento. Os demais tratamentos culturais seguiram o padrão adotado pelas usinas, sendo os mesmos para todas as parcelas.

A área 1, localizada na região de Assis, SP, teve o experimento instalado em setembro de 2009. Foi adubada com três diferentes doses de nitrogênio (0, 100, 200 kg ha⁻¹) e três diferentes doses de potássio

(0,120,240 kg ha⁻¹); tem como características: cana de variedade SP83-2847, plantada no ano de 2006 está no quarto corte com solo de ambiente de produção E, arenoso. Os dados da análise de solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise de solo da área 1.

pH	M.O.	P Resina	P Mehlich	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al SMP	Soma Bases	CTC	Sat. Bases	Sat. Al
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³							V%	m%
5,4	14	2	-	3	13	6	0,7	0	19	19,7	38,7	51	0

A área 2, localizada em Pradópolis, SP, teve o experimento instalado em dezembro de 2009; também foi adubada com as mesmas três doses de nitrogênio e potássio que a área 1. A cana plantada é de variedade SP80-3280, está no quarto corte, em solo de ambiente de produção A, solo argiloso.

Tabela 2. Resultados da análise de solo da área 2.

pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	S.B	T	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			mmolc dm ⁻³					
4,3	59	34	12	3,1	34	12	64	49,1	113	43,41

As coletas de dados (leituras) foram realizadas em função da altura média da brotação das soqueiras (aproximadamente 20, 40, 60 cm de altura), fazemos a leitura posicionando os clorofilômetros no terço médio das folhas +1 (a primeira com aurícula visível), retirando a nervura foliar para melhor eficácia das leituras. Foram realizadas 30 repetições em folhas diferentes e utilizou-se as médias indicadas pelos equipamentos como valor final de leitura.

Os dados foram submetidos a análise de variância, que quando significativas, são comparadas as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades, foram feitas análises de regressão e teste de correlação t de Student, e comparamos os valores apresentados pelos clorofilômetros com valores de análises foliares feitas em laboratório.

4. Resultados

4.1. Área 1

Nas tabelas de 3 a 5 são apresentados os coeficientes de variação e teste de Tukey. Observa-se que os resultados são incoerentes e investigando obteve-se a informação de que, por descuido da usina foi aplicado adubo nitrogenado nas parcelas. Percebemos através dos resultados que a presença do potássio não interferiu nas leituras de nenhum dos clorofilômetros detectando somente o nitrogênio.

Tabela 3: Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na primeira visita (cana com 20 cm de altura) na área 1.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.
0	0	491,25c	7,4412	41,28b	8,6078	38,68b	3,96302
0	120	473,75c	2,2096	39,58b	6,0341	37,40b	5,41403
0	240	497,5bc	4,9359	41,75b	6,3687	38,10b	3,42215
100	0	566,75a	3,9121	48,40a	2,848	43,65a	3,21006
100	120	559,75a	3,2564	46,90a	3,0454	42,55a	1,98029
100	240	548,00ab	4,4224	46,63a	5,1307	42,38a	3,26071
200	0	573,25a	1,3314	47,50a	1,6033	43,73a	2,47291
200	120	569,25a	4,2023	49,55a	1,0615	43,45a	1,08764
200	240	560,25a	2,0056	48,15a	2,6298	43,48a	1,41013

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias.

Tabela 4: Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na segunda visita (cana com 40 cm de altura) na área 1.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.
0	0	497,75a	4,9112	38,73a	13,4261	43,53a	6,3442
0	120	503,25a	4,3273	41,20a	4,4813	42,28a	3,0509
0	240	487,75a	3,1110	41,33a	5,0387	41,33a	8,8235
100	0	526,75a	1,0090	42,23a	1,8693	44,65a	12,1321
100	120	511,50a	2,4806	38,80a	2,9926	44,03a	8,9726
100	240	503,50a	4,9253	36,90a	3,0476	43,20a	13,9788
200	0	522,50a	6,7782	41,88a	7,0749	45,68a	4,6852
200	120	526,25a	1,5388	42,20a	1,5433	45,63a	7,5903
200	240	521,00a	2,2979	39,55a	4,5898	43,10a	15,4442

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias.

Tabela 5: Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na terceira visita (cana com 60 cm de altura) na área 1.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.
0	0	578,00a	2,8288	50,78 a	2,7497	44,58a	2,0181
0	120	564,50ab	3,2488	46,38 a	7,7576	43,50abc	2,8841
0	240	567,75ab	1,4972	50,23 a	1,8491	44,30ab	1,3291
100	0	567,50ab	1,6373	49,68 a	2,6675	44,35ab	0,7478
100	120	561,00ab	2,7268	48,93 a	2,7135	43,03abc	3,3808
100	240	561,00ab	3,4748	48,73 a	3,5444	43,43abc	1,8554
200	0	569,50ab	2,129	50,03 a	6,0509	43,85abc	1,7217
200	120	548,00b	1,8548	47,88 a	2,6332	42,68bc	1,8587
200	240	553,00ab	0,7672	47,83 a	4,9137	42,55c	1,4677

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias.

Nas Figuras de 1 a 3 são apresentados os gráficos de relação entre o clorofilômetro utilizado (N-tester, ClorofiLOG, SPAD) e as doses de nitrogênio usadas, o potássio é representado pelas curvas. Verifica-se que os três clorofilômetros obtiveram aproximadamente o mesmo resultado.

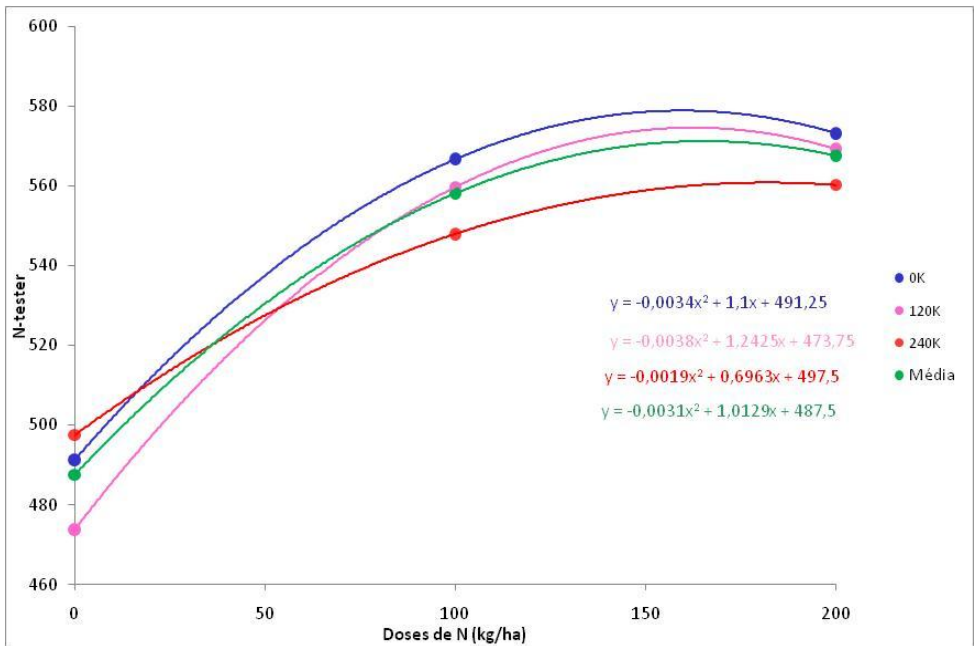


Figura 1. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 20 cm de altura, na área 1.

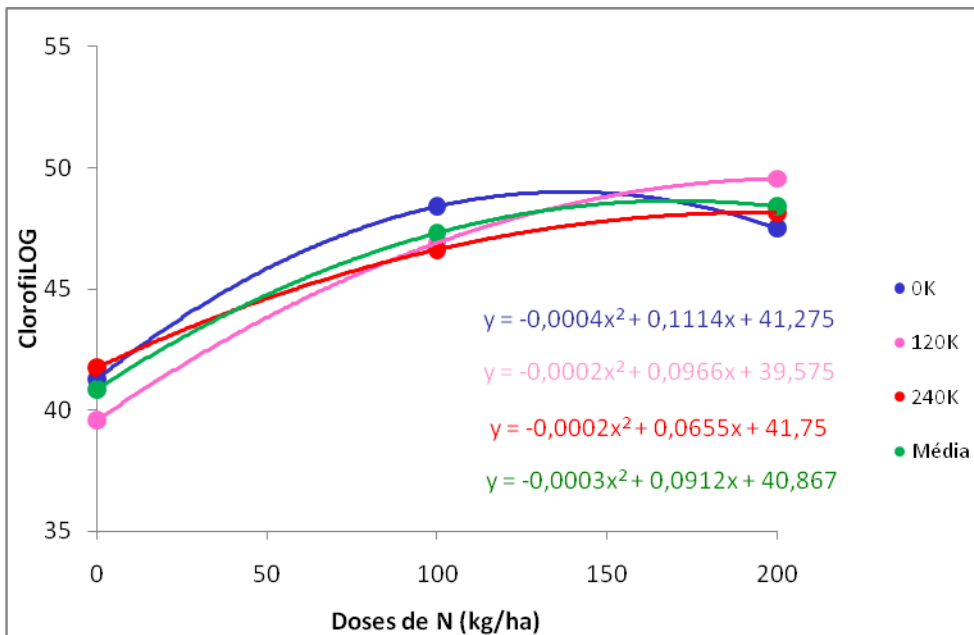


Figura 2. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofiLOG para cana a 20 cm de altura, na área1

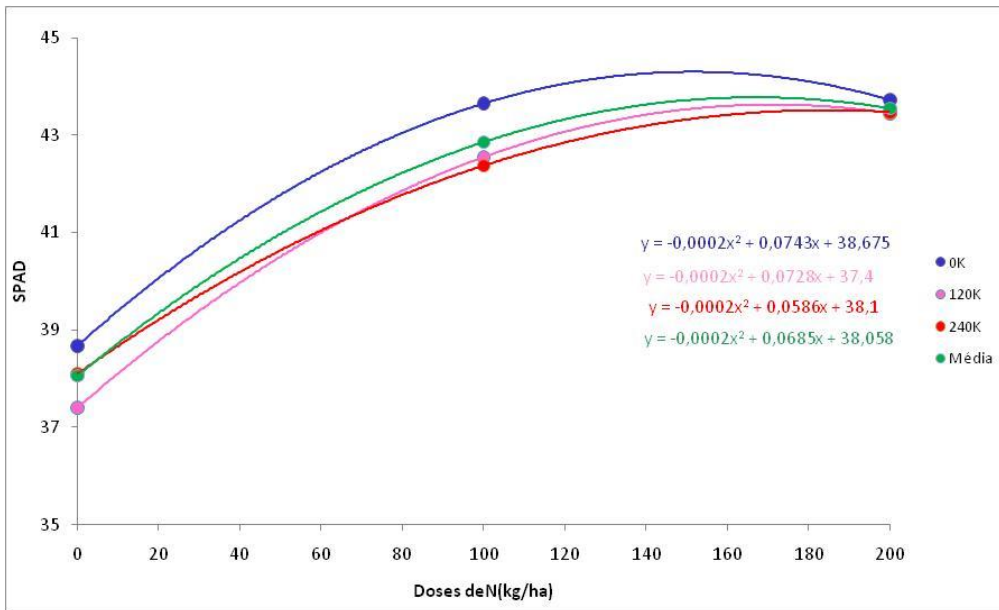


Figura 3. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 20 cm de altura, na área 1.

Os resultados mostrados pelos clorofilômetros são diretamente proporcionais às doses de nitrogênio e a partir da segunda visita os valores apresentados pelos equipamentos para cana com dose nula de nitrogênio são altos (Figuras 4 a 6).

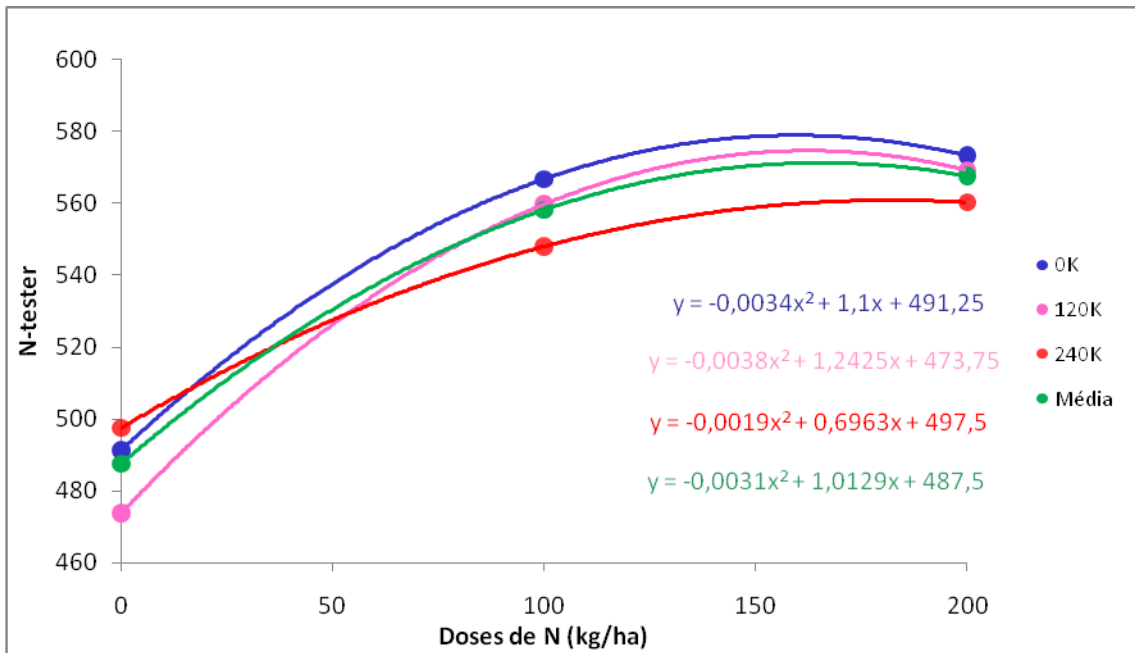


Figura 4. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 40 cm de altura, na área 1

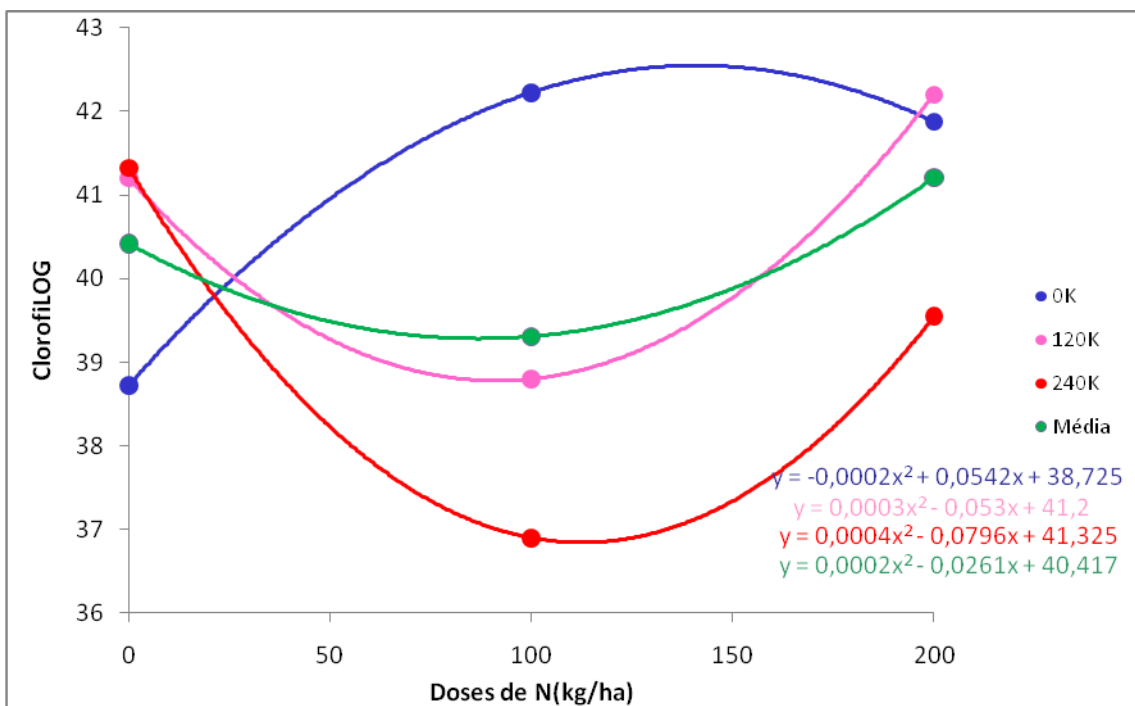


Figura 5. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofiLOG para cana a 40 cm de altura, na área 1

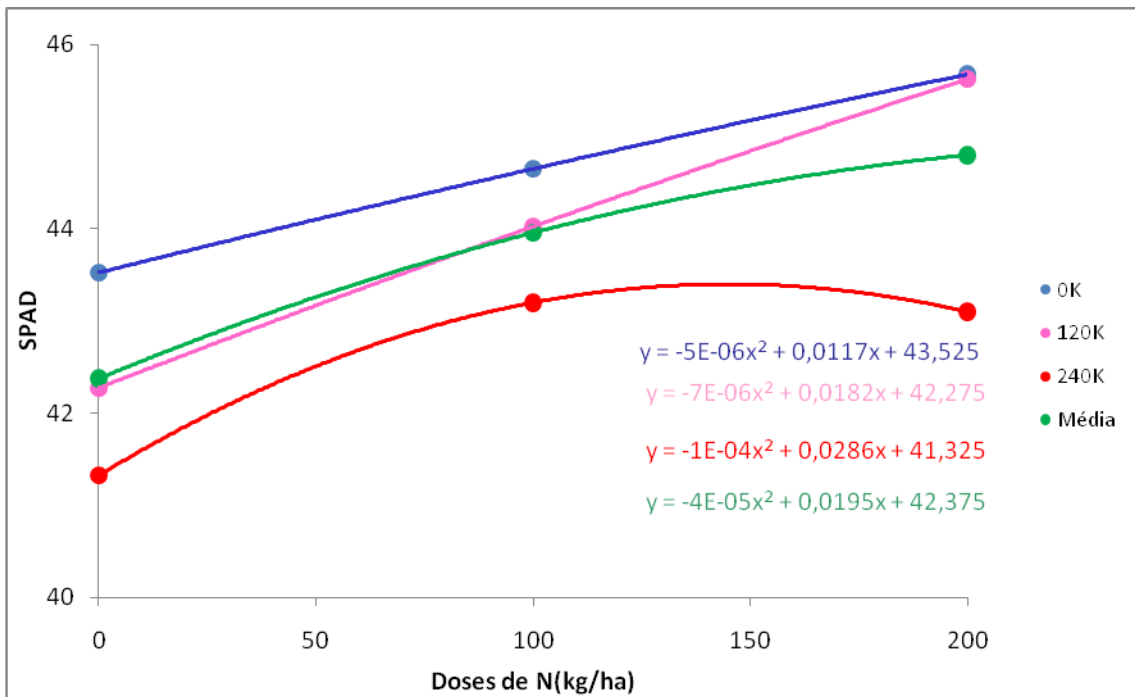


Figura 6. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 40 cm de altura, na área 1

Na terceira visita os valores elevados para cana com dose nula de N se mantém, indicando que a área havia sido adubada inadequadamente.

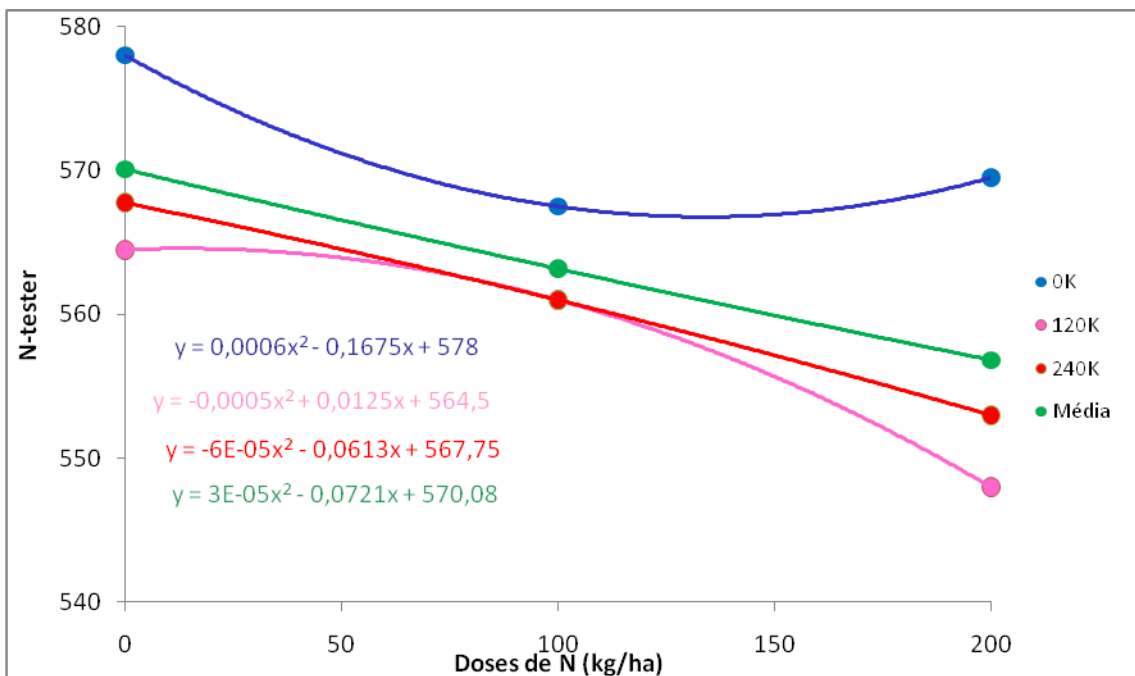


Figura 7. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 60 cm de altura, na área 1

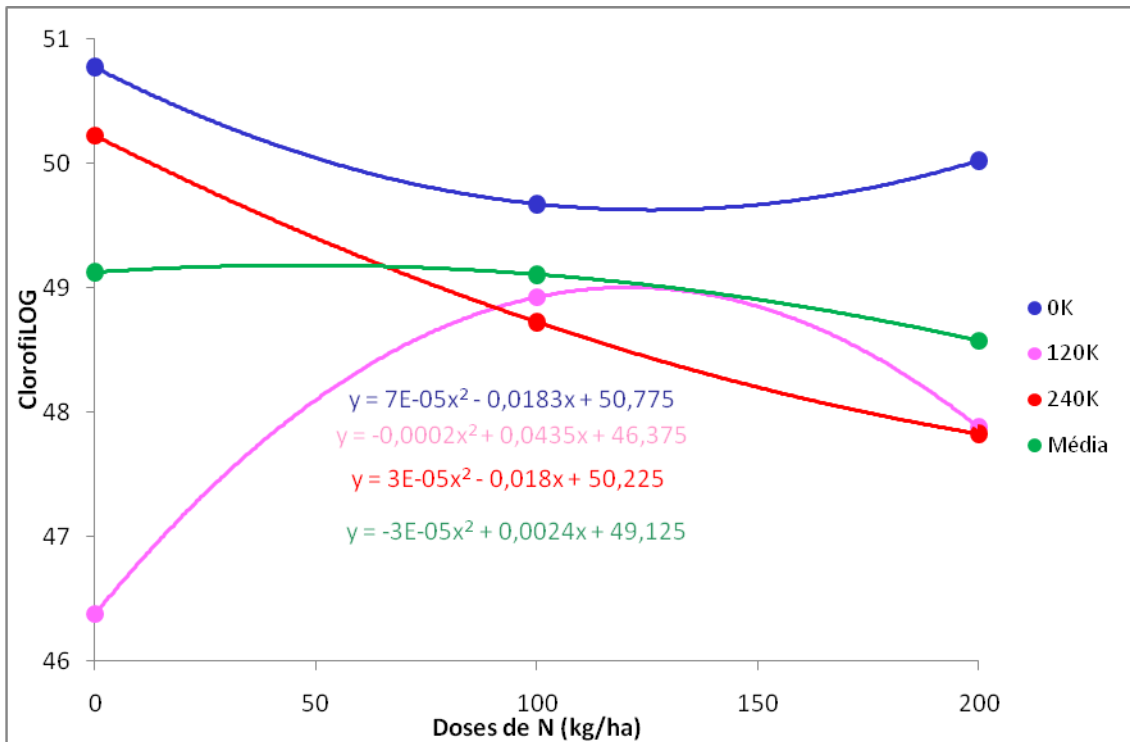


Figura 8. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofilLOG para cana a 60 cm de altura, na área 1

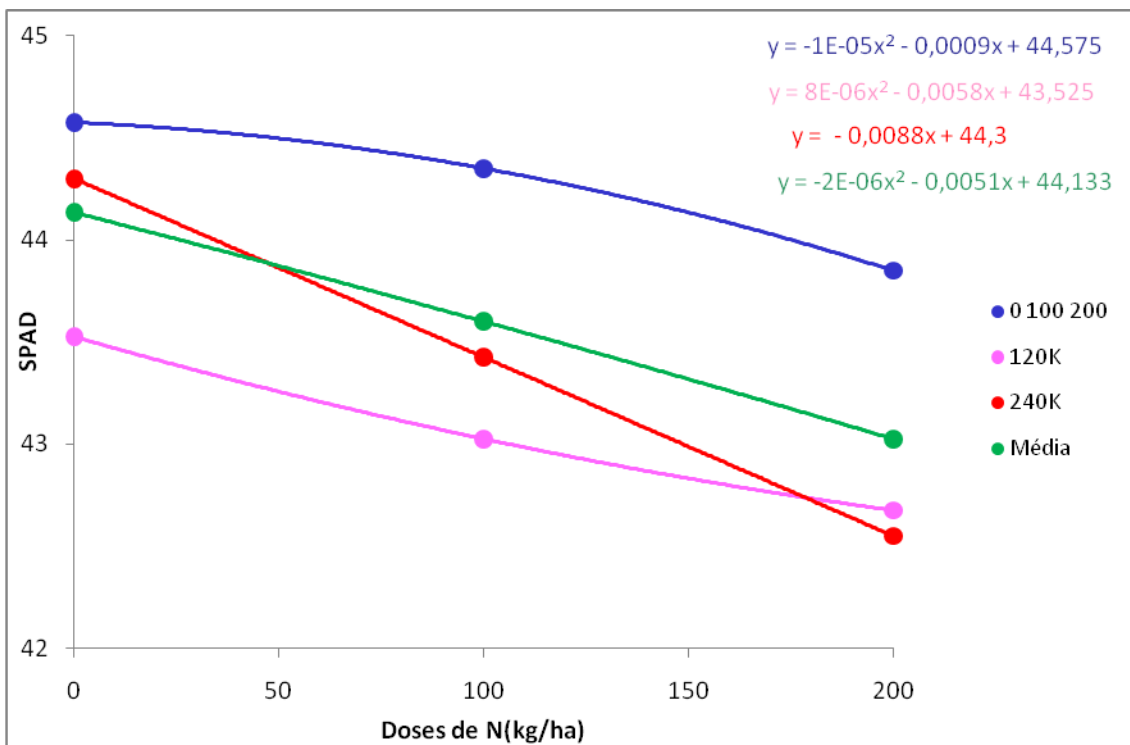


Figura 9. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 60 cm de altura, na área 1

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de correlação entre os sinais obtidos com os três sensores estudados. Observa-se que apesar dos comprimentos de onda dos clorofilômetros serem diferentes suas leituras são similares entre si.

Tabela 6. Resultados das correlações (N-tester x SPAD, SPAD x ClorofiLOG e ClorofiLOG x N-tester) pelo teste t de Student.

Avaliação	N-tester X SPAD	SPAD X ClorofiLOG	ClorofiLOG X N-tester
1	$R^2 = 0,8424^{**}$	$R^2 = 0,8608^{**}$	$R^2 = 0,8404^{**}$
2	$R^2 = 0,1798^{**}$	$R^2 = 0,0832^{NS}$	$R^2 = 0,6538^{**}$
3	$R^2 = 0,7700^{**}$	$R^2 = 0,0317^{NS}$	$R^2 = 0,0071^{NS}$

** é significante a 5%, ^{NS} não é significante.

Nas Figuras 10 a 18 são apresentados resultados da comparação entre valores apresentados pelos clorofilômetros e os resultados das análises foliares feitas em laboratório no decorrer das três visitas a área.

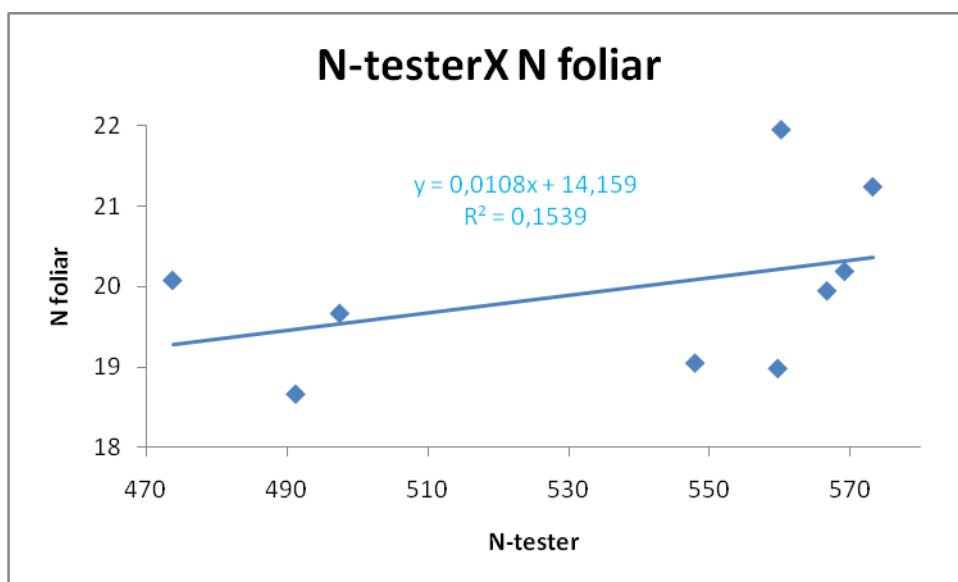


Figura10. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20cm de altura) na Área 1.

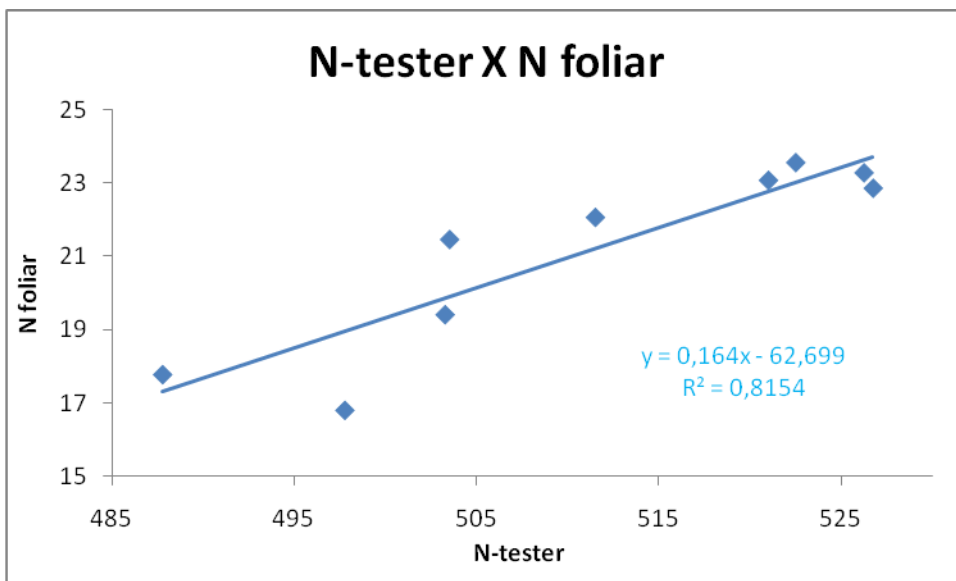


Figura11. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40 cm de altura) na Área 1.

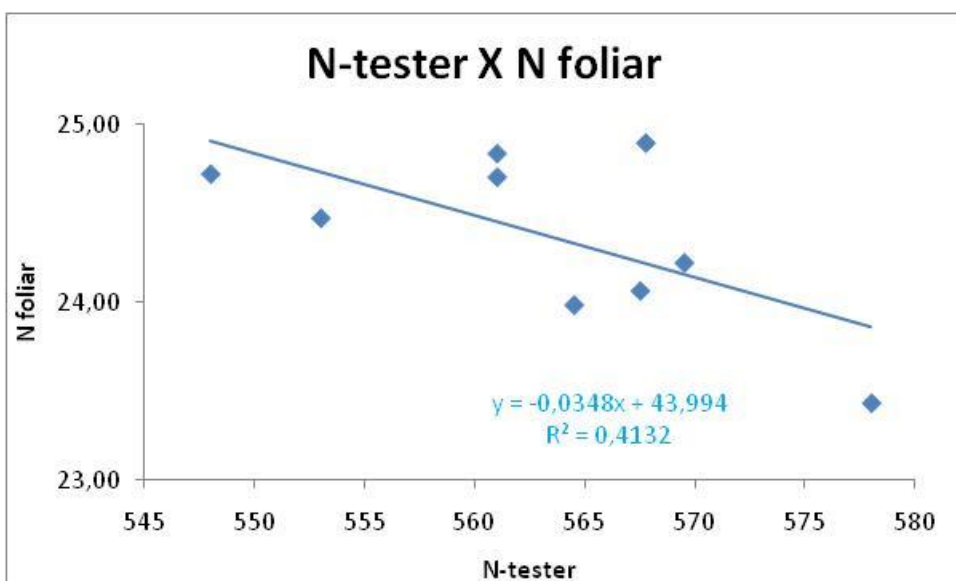


Figura12. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na terceira visita (cana a 60 cm de altura) na Área 1.

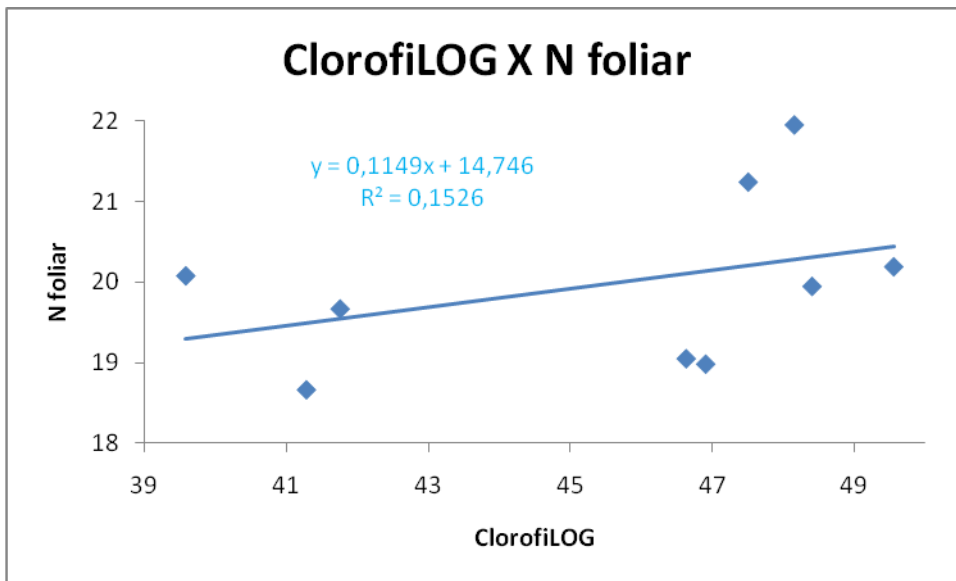


Figura13. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 1.

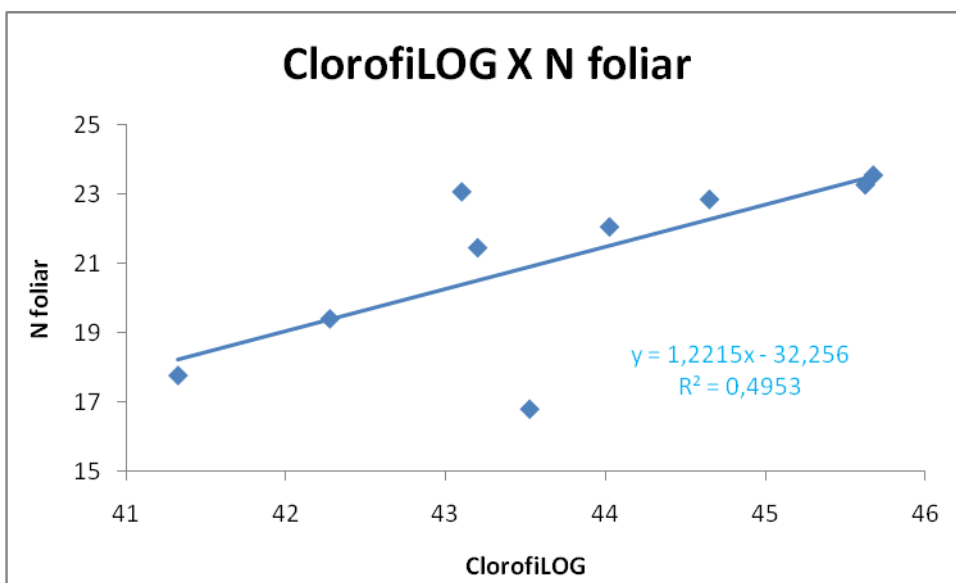


Figura14. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40 cm de altura) na Área 1.

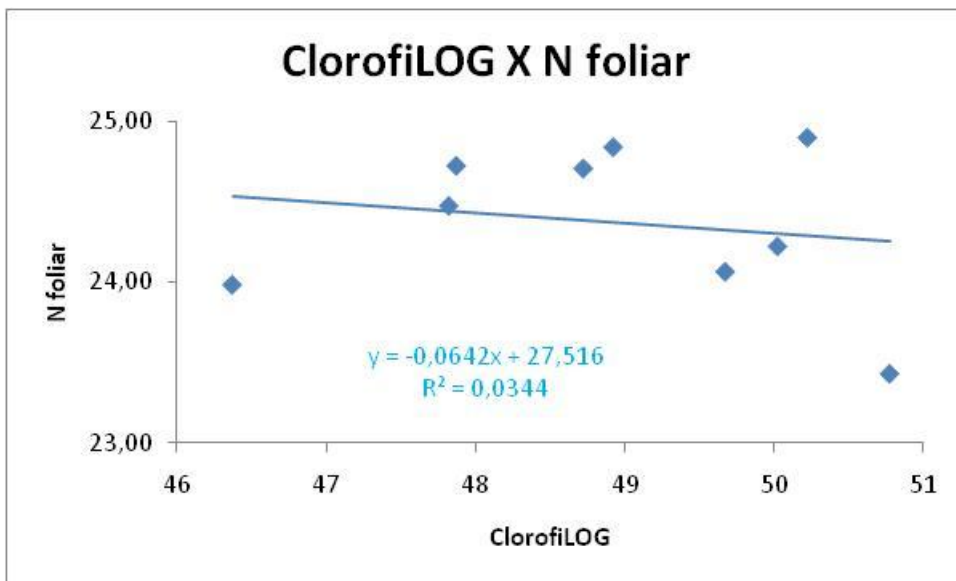


Figura15. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na terceira visita (cana a 60 cm de altura) na Área 1.

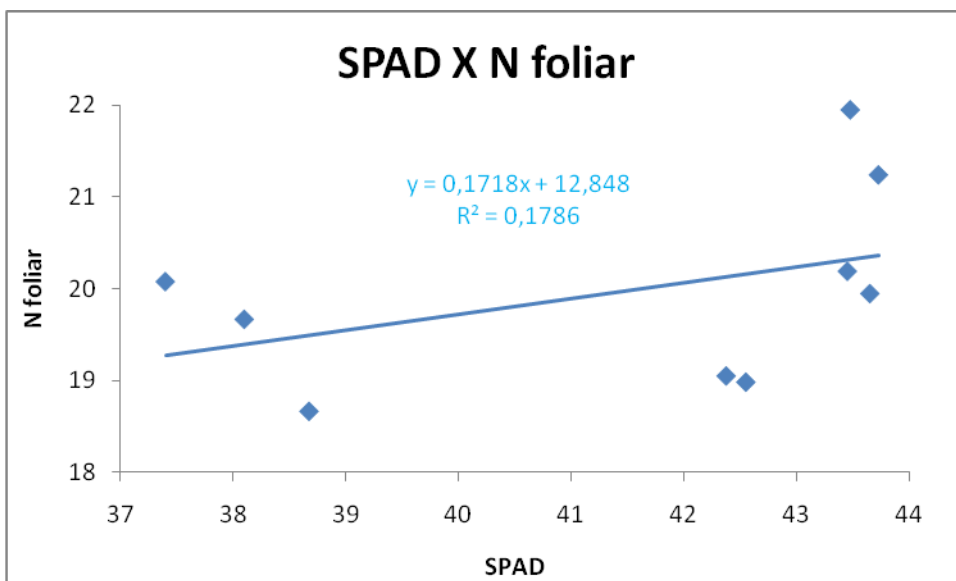


Figura16. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 1.

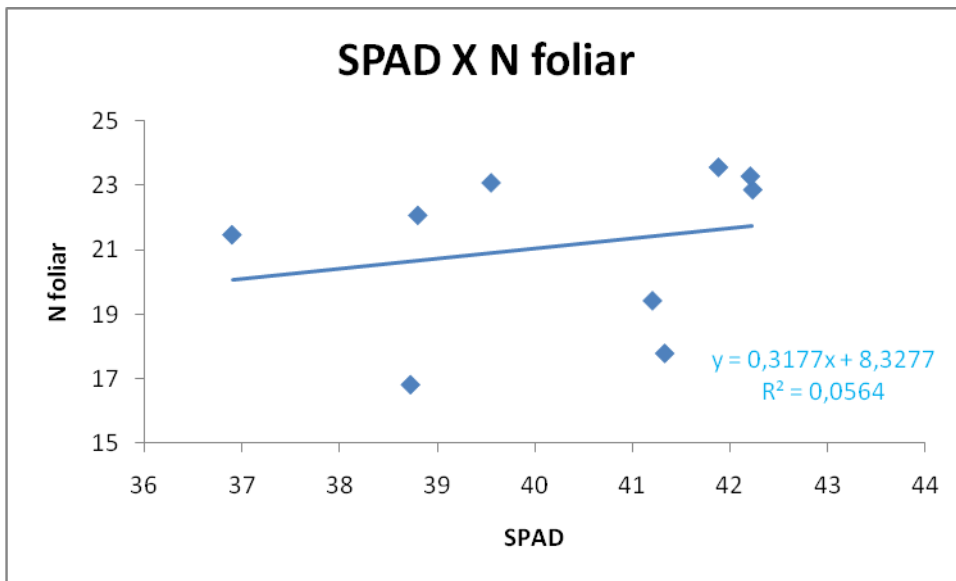


Figura17. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40cm) a Área 1.

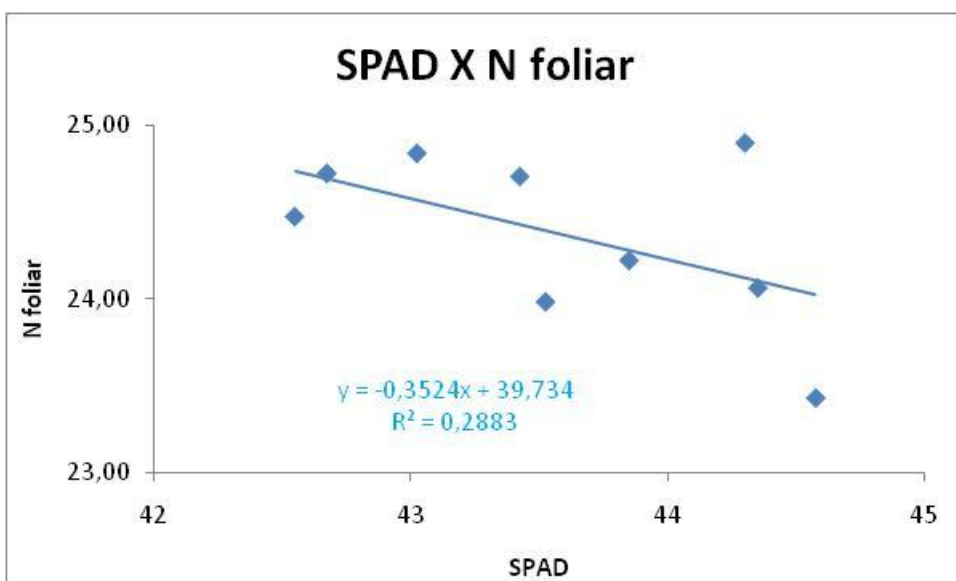


Figura18. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na terceira visita (cana a 60 cm de altura) na Área 1.

4.2. Área 2

Nas Tabelas de 7 a 9 são apresentados os coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey referentes aos dados da área

experimental 2. Percebe-se que a presença do potássio também não interferiu nas leituras de nenhum dos clorofilômetros, detectando somente os teores de nitrogênio aplicados.

Tabela 7. Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na primeira visita (cana com 20 cm de altura), na área 2.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	CV (%)	Tukey	CV (%)	Tukey	CV (%)
0	0	480,25a	8,7411	36,18a	15,7695	37,88a	5,0804
0	120	462,25a	4,8386	34,25a	10,6786	36,53a	3,5513
0	240	476,75a	4,4177	38,53a	4,5425	37,60a	1,0858
100	0	493,50a	2,0961	40,10a	8,7127	39,48a	1,6204
100	120	496,00a	2,1526	40,15a	5,5860	38,43a	5,2368
100	240	504,25a	5,5253	38,73a	16,8404	40,23a	2,2998
200	0	495,25a	8,8159	39,30a	10,4481	39,45a	9,7089
200	120	504,50a	4,0054	41,70a	7,0733	38,90a	5,5175
200	240	488,50a	5,1259	37,35a	7,7982	38,38a	3,8202

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias

Tabela 8. Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na segunda visita (cana com 40 cm de altura) na área 2.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.	Tukey	C.V.
0	0	485,00ab	4,7527	41,30ab	6,3295	38,60ab	4,3299
0	120	478,25ab	6,3545	39,43b	5,7295	37,80ab	3,5361
0	240	466,25b	3,4019	40,80b	1,7098	37,30ab	2,8118
100	0	495,50ab	3,6902	41,15ab	4,2301	39,45ab	3,4664
100	120	493,75ab	2,5316	41,15ab	3,0514	39,18ab	2,1897
100	240	490,50ab	2,0285	41,38ab	3,3512	38,90ab	0,6297
200	0	512,25 ^a	4,5291	43,83a	6,3053	40,30a	2,3100
200	120	485,00ab	3,3204	41,75ab	5,2640	36,98b	7,8022
200	240	493,25ab	1,0648	41,33ab	2,6609	38,73ab	4,1712

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias

Tabela 9. Coeficientes de variação e resultados do teste de Tukey para valores obtidos na terceira visita (cana com 60 cm de altura) na área 2.

Tratamento (kg/ha)		N-TESTER		CLOROFILOG		SPAD	
N	K	Tukey	CV (%)	Tukey	CV (%)	Tukey	CV (%)
0	0	472,50a	6,0715	38,18a	3,6918	39,53b	4,2636
0	120	471,50a	3,9584	38,33a	5,4315	39,93ab	2,7971
0	240	476,25a	5,5405	38,15a	5,0163	40,30ab	4,5628
100	0	497,50a	2,6742	38,90a	4,6181	42,10ab	1,2418
100	120	488,25a	2,5765	38,98a	1,3934	41,18ab	2,4821
100	240	492,75a	2,2983	39,90a	2,8100	41,40ab	3,3935
200	0	506,00a	3,7254	39,50a	1,0838	42,95a	2,5062
200	120	498,50a	3,2117	39,33a	2,7747	42,38ab	2,5291
200	240	487,00a	3,9068	38,98a	2,1652	41,05ab	3,3412

Obs.: Letras iguais indicam, que no nível de 5% significância, não há diferença entre as médias

Nas Figuras de 19 a 21 são apresentados os gráficos de relação entre o clorofilômetro utilizado (N-tester, ClorofiLOG, SPAD) e as doses de nitrogênio usadas. Verifica-se que os três clorofilômetros obtiveram aproximadamente o mesmo resultado entre si.

Os resultados mostrados pelos clorofilômetros são diretamente proporcionais às doses de nitrogênio, sendo assim quanto maiores forem os valores mostrados pelos clorofilômetros maiores as doses de nitrogênio aplicadas.

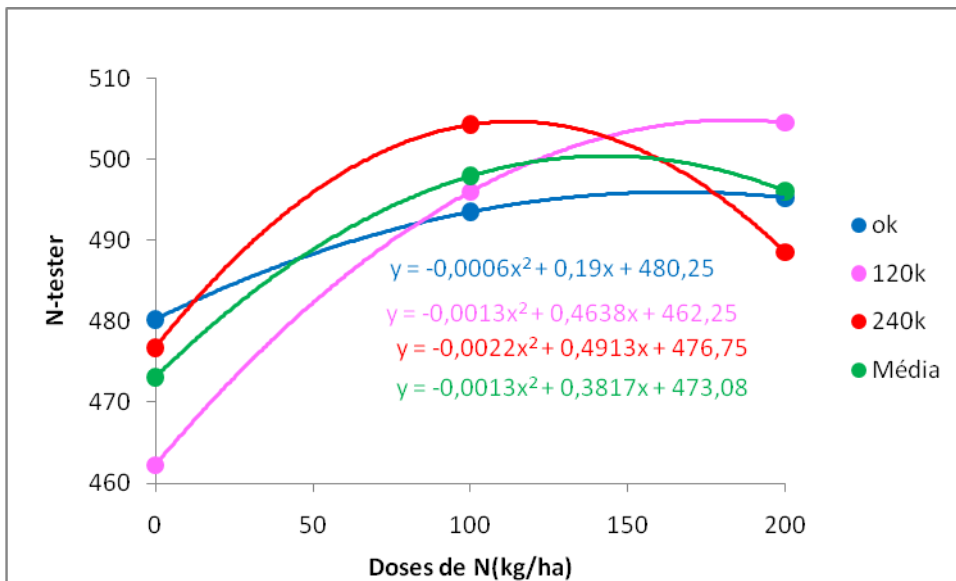


Figura 19. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 20 cm de altura, na área 2

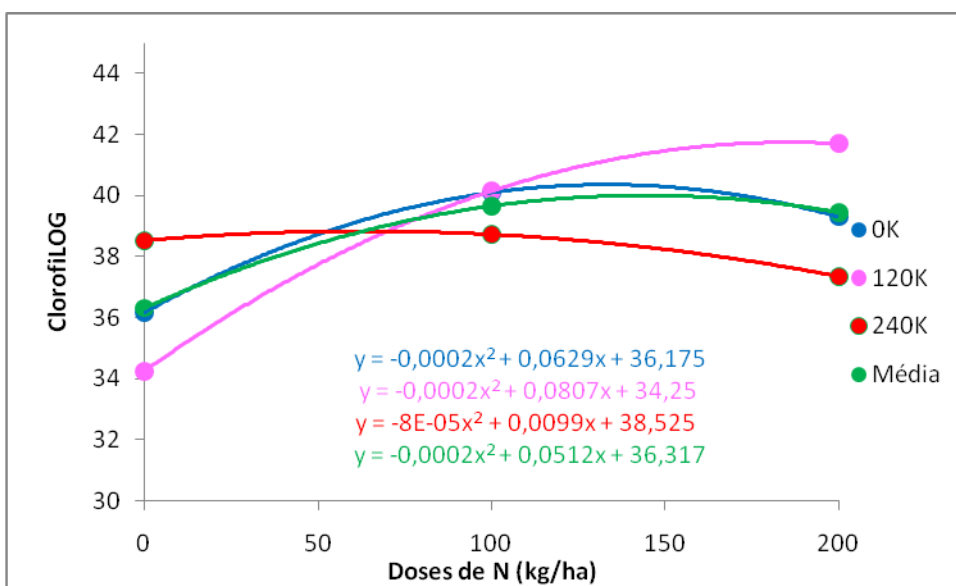


Figura 20. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofilOG para cana a 20 cm de altura, na área 2

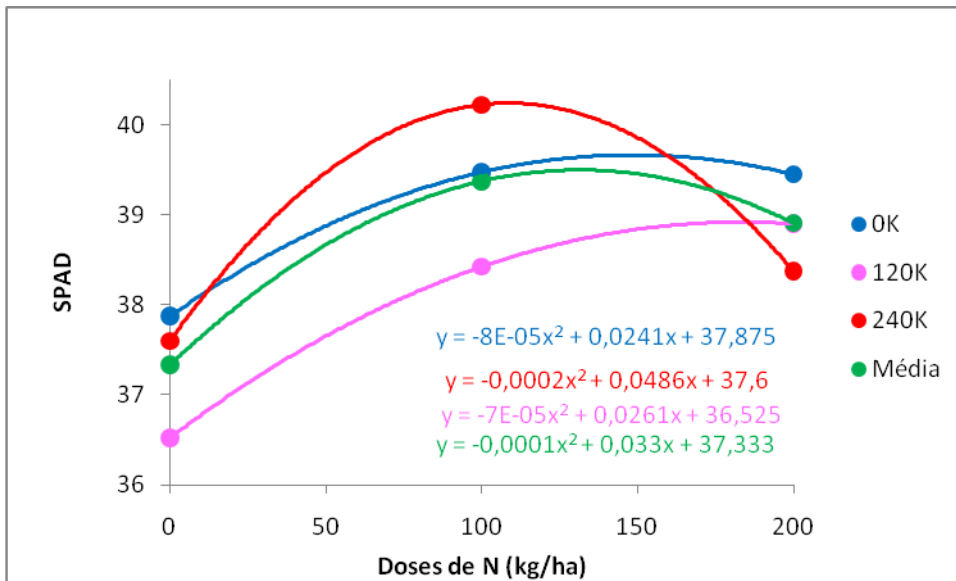


Figura 21. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 20 cm de altura, na área 2

Nas Figuras de 22 a 24 são apresentados os gráficos de correlações entre os clorofilômetros e as doses de nitrogênio aplicadas na segunda visita à área 2.

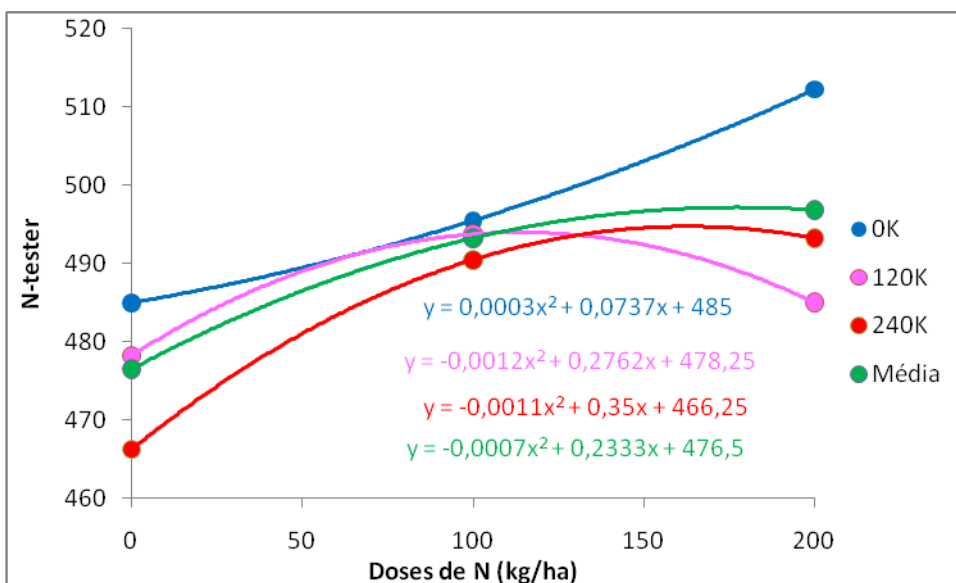


Figura 22. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 40 cm de altura, na área

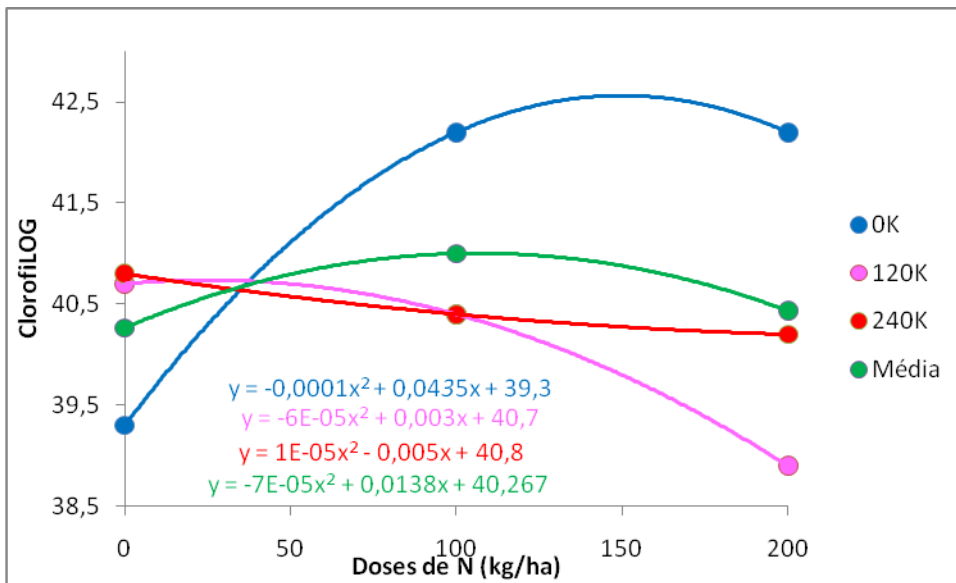


Figura 23. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofiLOG para cana a 40 cm de altura, na área 2

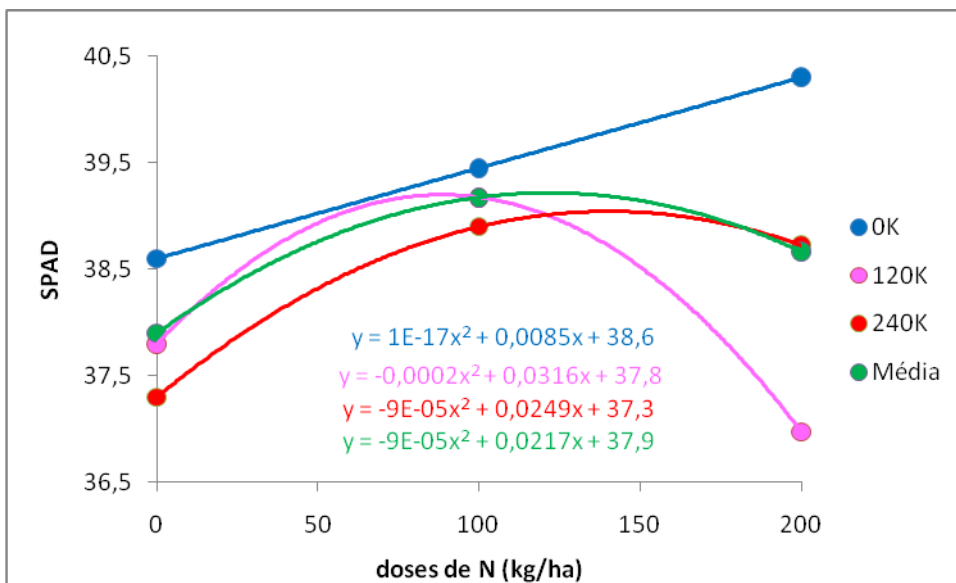


Figura 24. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 40 cm de altura, na área 2

As Figuras 25 a 27 mostram os gráficos de correlações entre os clorofilômetros e as doses de nitrogênio usadas na terceira visita à área 2.

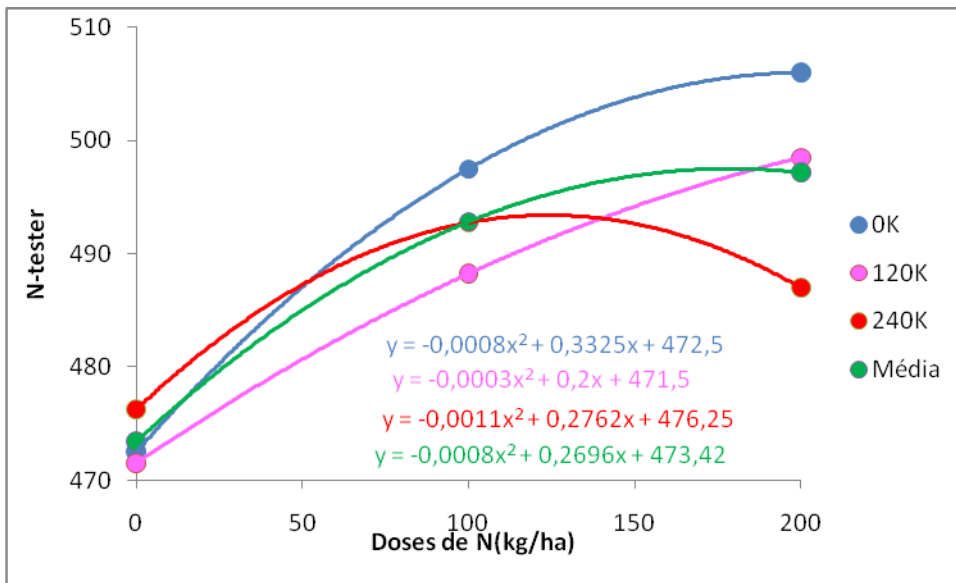


Figura 25. Resultados obtidos com as leituras do sensor N-tester para cana a 60 cm de altura, na área 2

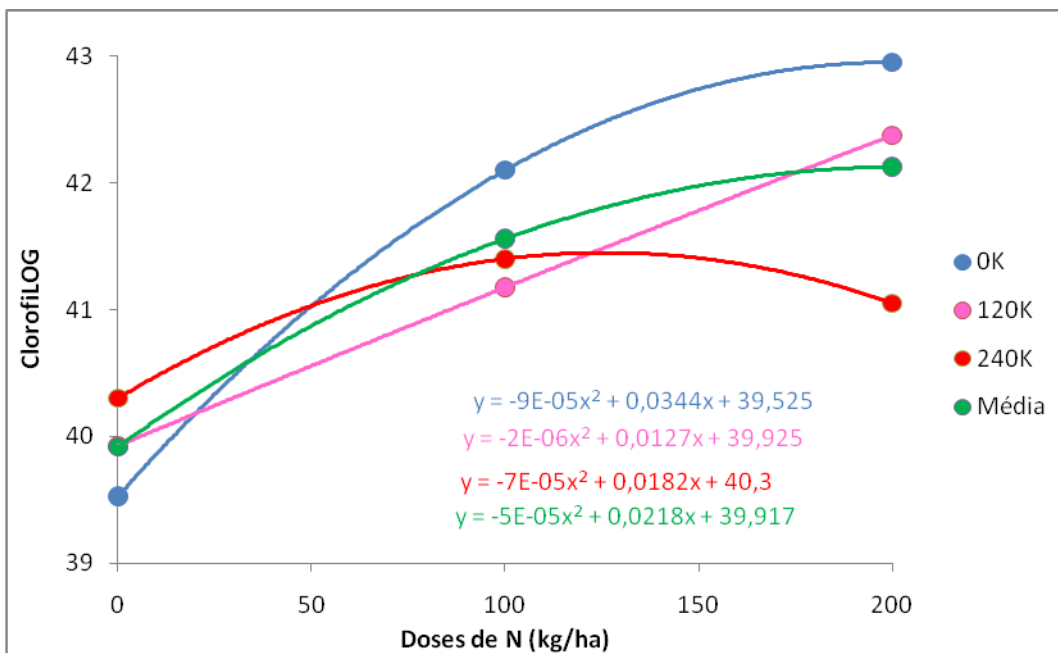


Figura 26. Resultados obtidos com as leituras do sensor ClorofiLOG para cana a 60 cm de altura, na área 2

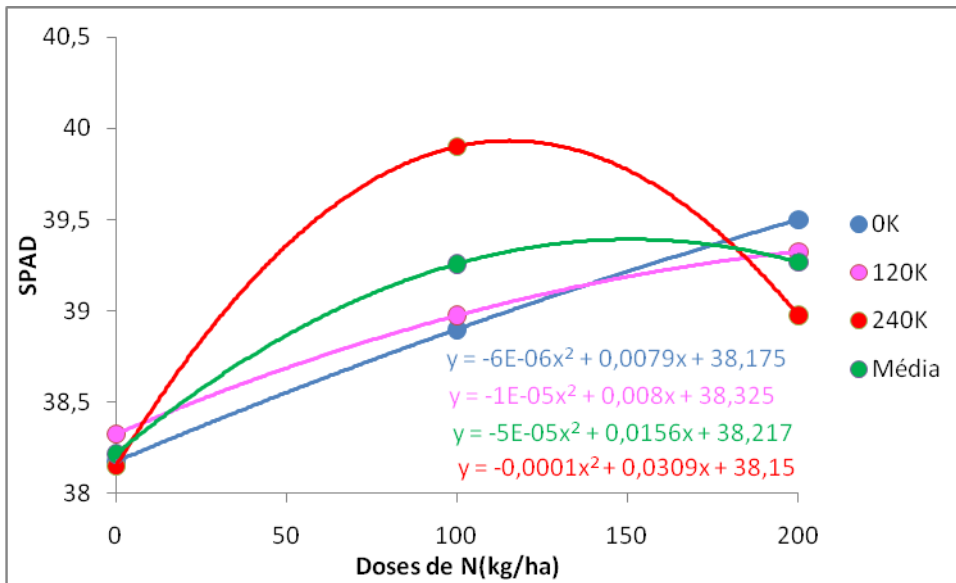


Figura 27. Resultados obtidos com as leituras do sensor SPAD para cana a 60 cm de altura, na área 2

Na Tabela 10 são apresentados os resultados de correlação entre os sinais obtidos com os três sensores estudados. Observa-se que apesar de comprimentos de onda dos clorofilômetros serem diferentes suas leituras são similares entre si.

Tabela 10. Resultados das correlações (N-tester x SPAD, SPAD x ClorofiLOG e ClorofiLOG x N-tester) pelo teste t de Student dos dados obtidos na área 2.

Avaliação	N-tester X SPAD	SPAD X ClorofiLOG	ClorofiLOG X N-tester
1	$R^2 = 0,374$ ^{NS}	$R^2 = 0,3112$ ^{NS}	$R^2 = 0,4072$ ^{**}
2	$R^2 = 0,5306$ ^{**}	$R^2 = 0,1668$ ^{**}	$R^2 = 0,2744$ ^{NS}
3	$R^2 = 0,5072$ [*]	$R^2 = 0,3762$ [*]	$R^2 = 0,4235$ ^{NS}

* é significativa a 1%, ** é significativa a 5%, ^{NS} não é significativa

Nas Figuras de 28 a 36 são apresentados resultados da comparação entre valores apresentados pelos clorofilômetros e o resultados das análises foliares feitas em laboratório no decorrer das três visitas à área 2.

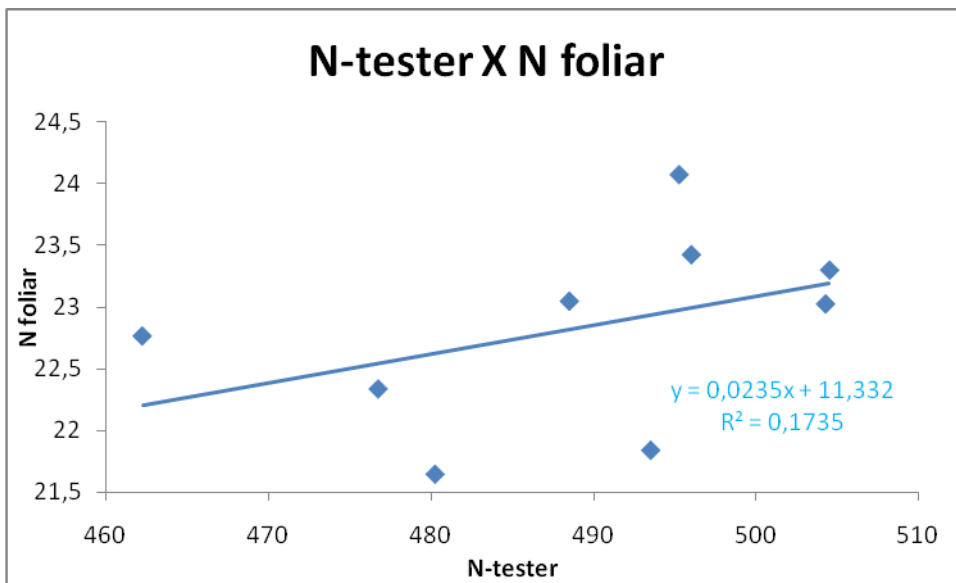


Figura 28. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 2.

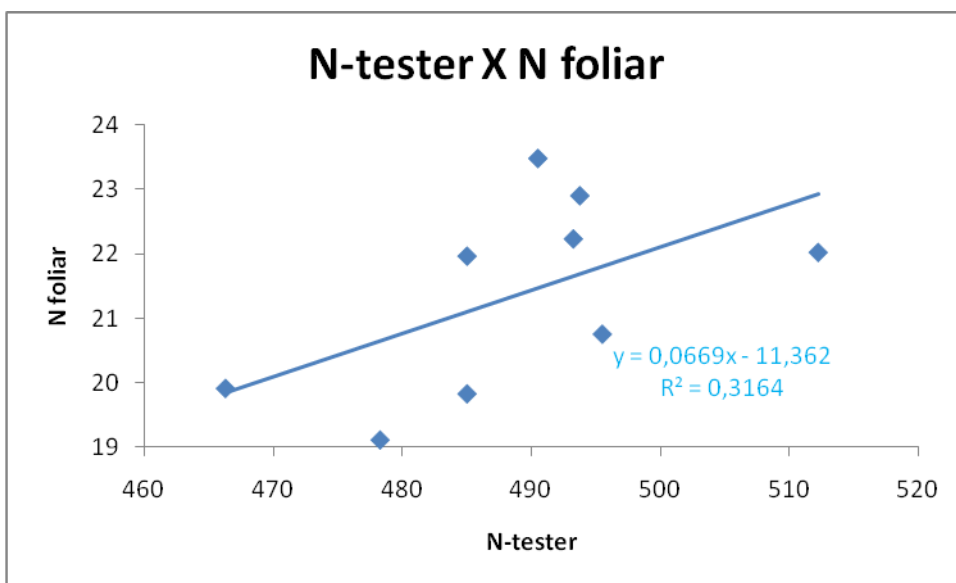


Figura 29. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40 cm de altura) na Área 2.

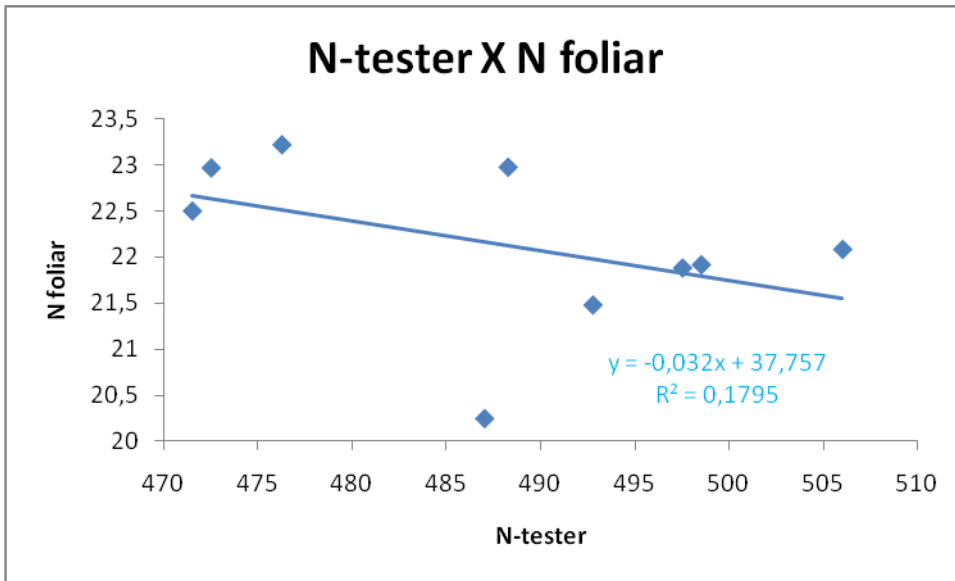


Figura30. Valores apresentados pelo sensor N-tester comparados aos resultados das análises foliares na terceira visita (cana a 60 cm de altura) na Área 2.

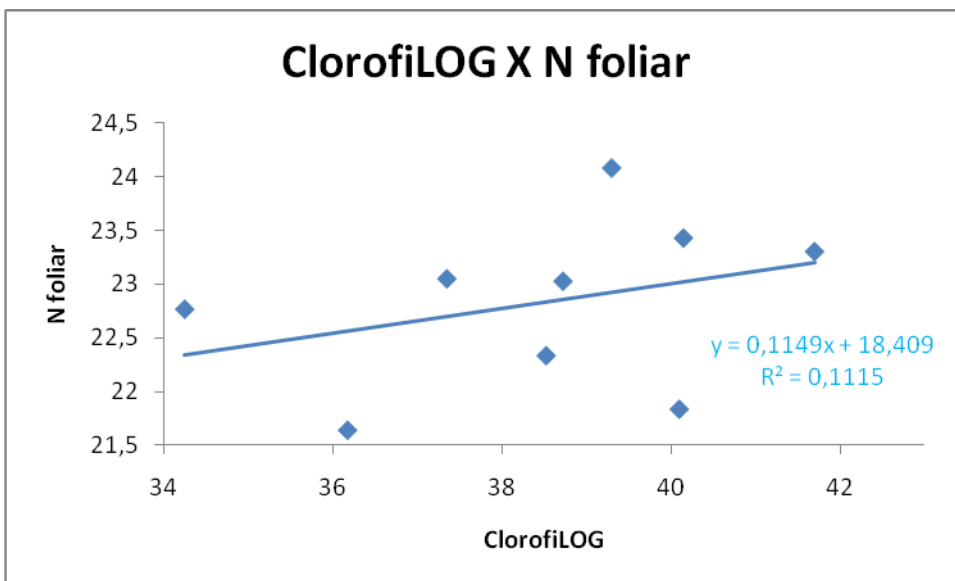


Figura 31. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 2.

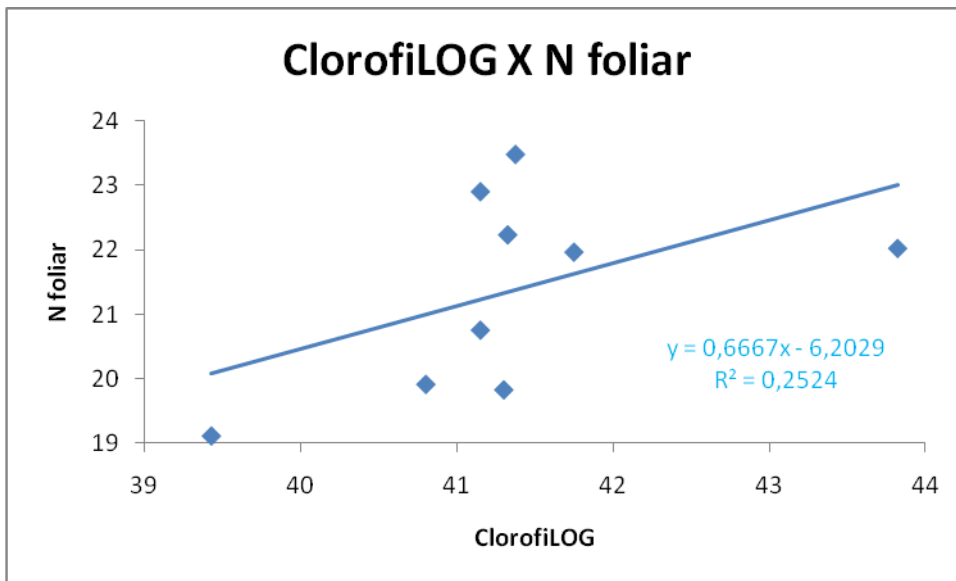


Figura32. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 2.

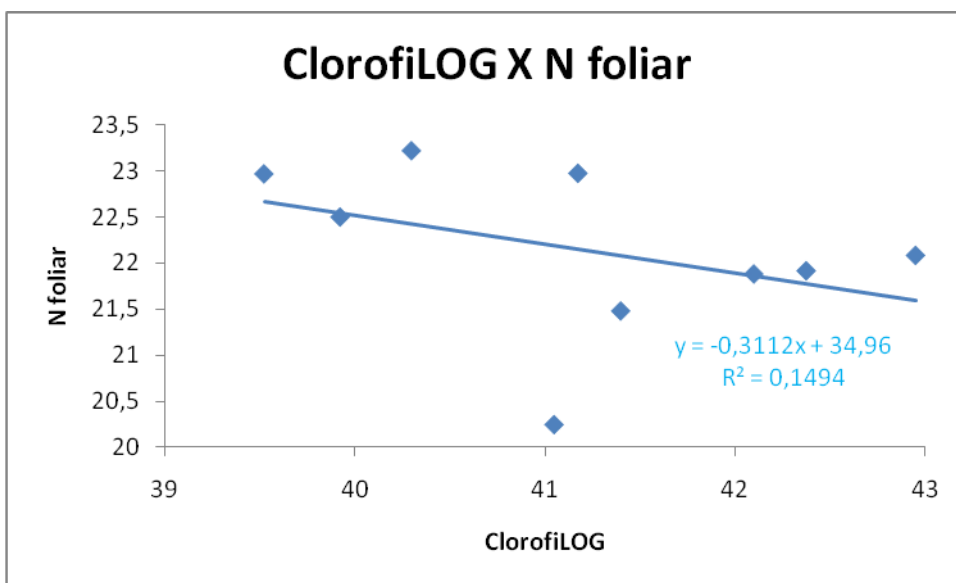


Figura33. Valores apresentados pelo sensor ClorofiLOG comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40 cm de altura) na Área 2.

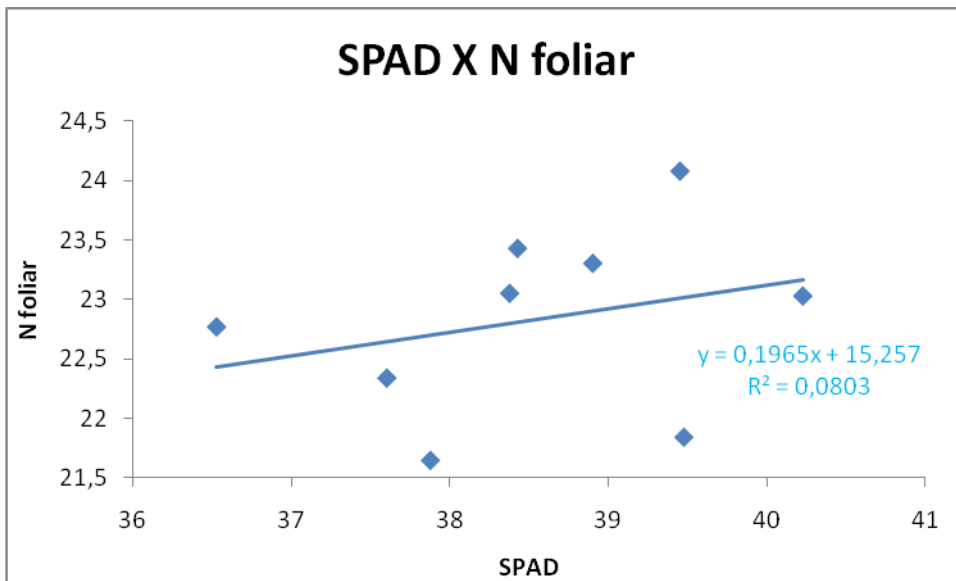


Figura34. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na primeira visita (cana a 20 cm de altura) na Área 2.

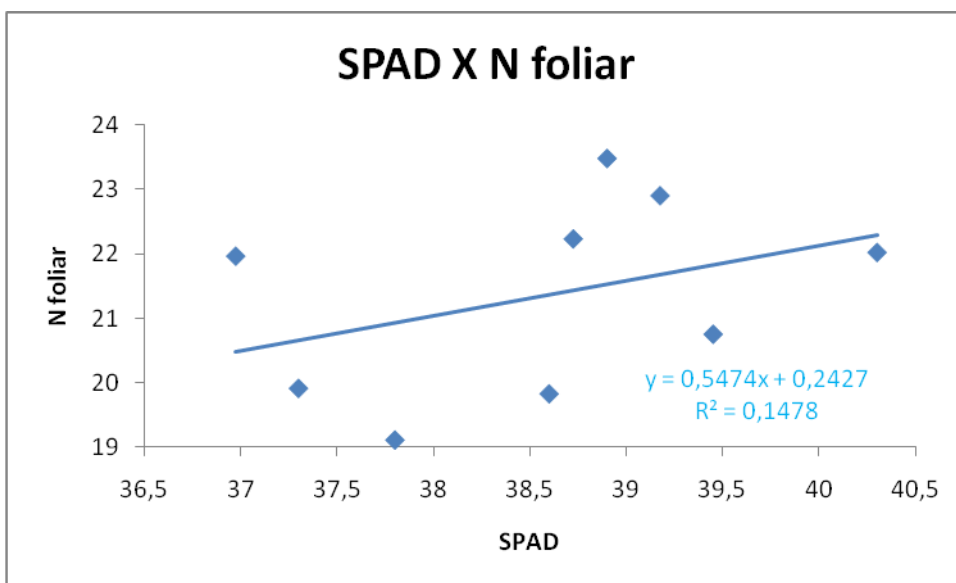


Figura35. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na segunda visita (cana a 40 cm de altura) na Área 2.

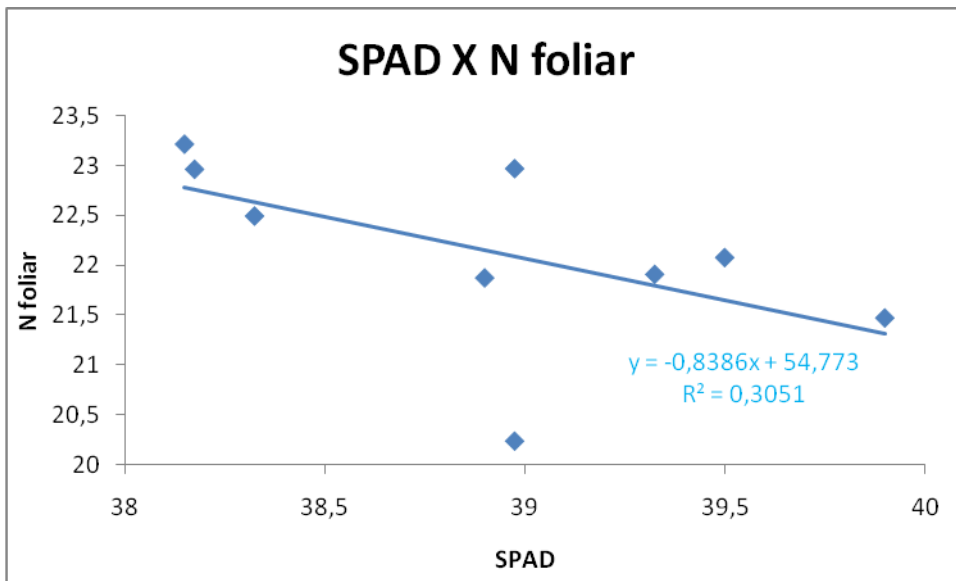


Figura36. Valores apresentados pelo sensor SPAD comparados aos resultados das análises foliares na terceira visita (cana a 60 cm de altura) na Área 2.

5. Discussão

Os resultados apresentados comprovam que as leituras dos clorofilômetros são comparáveis, pois os resultados do Teste de Tukey e de correlação por t de Student mostram que as correlações entre eles são significativas. As diferenças entre eles estão nos comprimentos de ondas e algoritmos utilizados.

Quando comparou-se os valores dos indicadores mostrados pelos clorofilômetros com os resultados das análises foliares percebe-se que não são equivalentes, evidenciados pelos baixos valores dos coeficientes de correlação das curvas.

Na tentativa de observar se os teores de potássio aplicados interfeririam nas leituras dos sensores evidenciou-se que isso não acontece. Vê-se que independente do clorofilômetro utilizado se mantém uma constância em que a leitura dos mesmos é diretamente proporcional às doses de nitrogênio aplicadas.

A Área 1 foi descartada por ter sido adubada inadequadamente pela usina. Foi necessário desconsiderar seus resultados, quanto à absorção de nitrogênio na planta, mas mesmo assim foi possível a

utilização dos dados dessa área para analisar a relação entre um clorofilômetro e outro, e também a relação entre as doses de nitrogênio e de potássio aplicadas, onde evidenciou-se que o potássio não interfere nas leituras associadas ao nitrogênio.

Com os dados obtidos na área 2 percebe-se que as leituras dos clorofilômetros não condizem exatamente com a real quantidade de nitrogênio existente nas plantas não sendo recomendável a aplicação de adubo nitrogenado levando em conta os valores mostrados pelos sensores.

6. Conclusão

Os resultados dos clorofilômetros se mostraram comparáveis. No entanto mostraram não ser eficazes na detecção dos teores de nitrogênio nas plantas, não sendo indicados para utilização em diagnóstico visando à adubação nitrogenada.

Agradecimentos

À FINEP, projeto PROSENSAP, pelo apoio financeiro, Usina São Martinho e ao Centro de Tecnologia Canavieira pela parceria e auxílio no planejamento, instalação e condução dos experimentos; à Falker pela disponibilização do seu equipamento.

6. Referências

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 112p. Tese de Doutorado.

BOOIJ, R. et al. Monitoring crop nitrogen status in potatoes, using crop light reflection. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 2001,. Montpellier. **Proceedings...**, Montpellier: Agro Montpellier, 2001. p. 893-897.

CHAPMAN, S.C., BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.4,p.557-562,1997.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. *Funcionamento do clorofiLOG* . Disponível em: www.falker.com.br . Acesso em: 04/04/2009.

HABOUDANE, D. et al. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 81, p. 416-426, 2002.

PIEKIELEK, W.P., FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.1, p.59-65, 1992.

SCHADCHINA, T.M., DMITRIEVA, V.V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, p.1427-1437, 1995.

SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção em cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 415.

STOKING, C.R., ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, Columbus, v.49, n.3, p.284-289, 1962.

UNIVERSITY OF NEBRASKA- LINCOLN. *N-Tester A device to measure the nitrogen fertilizer demand of crops*. Disponível em: http://bse.unl.edu/adamchuk/gpt_seminar/gpt_present/0510.pdf . Acesso em:12/01/2010.

YADAVA, U.L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v.21, n.6, p.1449-1450, 1986.