



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.4, p.186–196, 2010
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
 Protocolo 013.120

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

C. H. de A. Farias¹, K. S. de Sousa², I. de F. da Silva³, R. V. Agra⁴, G. da C. G. Neto⁵

¹ Eng^o Agr^o Dr. Pesquisador da Destilaria Miriri S.A. e-mail: carlos.henrique@miriri.com.br

² Eng^o Agr^o Mestrando em manjo de solo e água da UFPB

³ Prof. Dr. Departamento de Solos e Engenharia Rural CCA/UFPB

⁴ Aluno do curso de Engenharia de Minas

⁵ Eng^o Agr^o Doutorando em Engenharia Agrícola UFCG

RESUMO: Com o objetivo de avaliar o crescimento do sistema radicular da cana-de-açúcar quando submetida a níveis de irrigação (sequeiro, 50, 75, 100 e 125% da ETc), instalou-se uma pesquisa em área experimental (latitude 6°54'59,88" S, longitude 35°09'17,86" O e altitude de 121,00 m) da Fazenda Capim II, localizada no Município de Capim/PB, Foram coletadas amostras no plano tridimensional (x,y,z) com três repetições em cada tratamento de irrigação; cada uma delas com um total de 216 amostras de solo com raízes. Para a amostragem foi utilizada um trado holandês para extração de raízes com dimensões de 7,62 x 15,00 cm. As amostras foram coletadas em um cubo de 1 m³ onde, ao centro, situou-se a linha de cana. O espaçamento entre amostras no plano **xy**, **xz** e **yz** foi de 20,00 cm e no plano **zc** foi de 15,00 cm (profundidade). Procedeu-se com as análises estatísticas e de geoestatística. O crescimento radicular da variedade RB 92 579 não é aleatório e tem dependência espacial de moderada a forte com alcance entre 23,00 a 28,00 cm de acordo com o tratamento. A irrigação promoveu superficialização da zona de alta densidade radicular e favoreceu o aumento de raízes em zonas de baixa densidade.

Palavras-chave: raízes, geoestatística, dependência espacial

GROWTH OF THE ROOT SYSTEM SUGARCANE UNDER DEPTH IRRIGATION: A GEOESPATIAL MODEL I

ABSTRACT: to evaluate the root growth of sugarcane when subjected to water depths (Rainfed, 25 and 50% ETc), installed an experimental research area (latitude 6 ° 54'59, 88 "S , longitude 35 ° 09'17, 86 "and the elevation of 121.00 m) Capim II Farm, located in the City of Capim/PB, samples were collected in the 3D plane (x, y, z, c) three repetitions of each irrigation treatment, each with a total of 216 soil samples with roots. To sample an auger was used for extraction of dutch roots with dimensions of 7.62 x 15.00 cm. The samples were collected on a cube of 1 m³ where the center stood a row of cane. The sample spacing in the xy plane, xz and yz was 20.00 cm and the zc plane was 15.00 cm (depth). Proceeded with the usual statistical analysis and geostatistics. Root growth of variety RB 92 579 is not random and has a spatial dependence moderate to strong with a range between 23.00 to 28.00

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

cm according to the treatment. Irrigated superficial zone of high root density and favored the growth of roots in zones of low density.

Keywords: roots, geostatistics, spatial dependence

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é vista pela comunidade científica como a mais viável saída, em termos de biocombustível, que tem a sociedade para reduzir gradativamente as emissões de CO₂ advindas do sistema de transporte global. O Brasil assume liderança em termos de produção ocupando a primeira posição. O Nordeste do país é responsável por produzir 11,26% da produção nacional de cana-de-açúcar, sendo a Paraíba responsável por 1,03% da mesma (ÚNICA, 2010).

No Estado paraibano a região produtora de cana-de-açúcar fica centrada no Tabuleiro Costeiro. Estudos de Farias et. al (2004) e Farias & Oliveira (2007) relatam a fragilidade dos solos dessa região; problemas com elevada saturação de alumínio no solo, baixa fertilidade e déficit hídrico, são problemas para a produção canavieira dessa região; que terminam por afetar o desenvolvimento da planta, sobremaneira crescimento radicular da cana-de-açúcar.

Morris e Tai (2004) concluíram que os melhores rendimentos estão sempre relacionados à menor concentração de raízes curtas e de diâmetro maior na superfície e maior concentração de raízes longas e mais finas nos horizontes mais profundos do solo. Para Otto et al. (2009), 65,00% das raízes de cana encontram-se nos primeiros 20,00 cm de solo. Já Farias et al. (2008) verificaram, com a mesma metodologia, que 75,75% das raízes se encontram nos primeiros 45,00 cm de profundidade.

De acordo Warrick & Nielsen (1980) citado por Silva & Chaves (2001) pode-se

classificar a variabilidade das variáveis estudadas em função do CV em três classes: baixa (CV<12,00%), média (12,00<CV<62,00%) e alta (CV>62,00%). Silva & Chaves (2001) recomendam o teste KS como forma de avaliar a distribuição de frequência dos dados e verificar a sua aderência à distribuição normal.

Para Costa Neto (1997), o teste KS consiste no cálculo das diferenças entre a probabilidade das variáveis normais reduzidas e a probabilidade acumulada dos dados experimentais. Segundo o mesmo autor, se o valor calculado em módulo for menor que o tabelado a distribuição experimental é aceita como aderida à distribuição normal.

De acordo com Spiegel (1985), pela estatística descritiva, quando o coeficiente de curtose for igual a 3,00 fica caracterizada a distribuição normal dos dados; quando os resultados do teste KS forem igual a 5,00% de probabilidade e os valores das medidas de tendência central, média e mediana, forem semelhantes, indicam, também, que os dados se distribuem de forma normal e, sendo assim, a média aritmética dos mesmos pode ser usada para inferir sobre a variabilidade das amostras.

O trabalho, desenvolvido em cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação, tem como objetivo estudar o padrão de comportamento do crescimento radicular da variedade RB 92579 desenvolvendo um modelo geoespacial para os diferentes tratamentos de irrigação e correlacionar tal padrão de crescimento e de desenvolvimento com a produtividade final da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi instalada em uma área experimental (latitude 6°54'59,88"S, longitude 35°09'17,86"O e altitude de

121,00 m) da Fazenda Capim II (Figura 1), localizada no Município de Capim/PB.

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

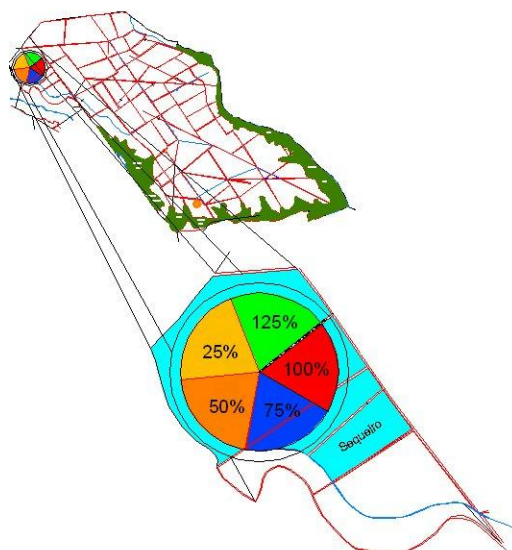


Figura 1. Croqui de localização do experimento na Fazenda Capim II e croqui da área experimental

A área possui relevo plano e solos com predominância dos Argissolos distróficos. A área total considerada como unidade experimental foi de 27,00 ha. A irrigação se deu via pivô central fixo da marca Valley®. O comprimento do centro do pivô até a última torre é de 257,4 m, com um raio irrigado de 290 m, em uma velocidade máxima de 127 m h⁻¹ quando o percentímetro está regulado em 100%. O conjunto motor-bomba é formado por um motor WEG® de 75 cv e uma bomba KSB com vazão de 172,8 m³ h⁻¹. As lâminas de irrigação foram determinadas a partir da evapotranspiração (ET_o); para a estimativa da ET_c. A determinação da ET_o foi feita utilizando-se o modelo de Penmann & Monteith (Allen et al., 1998), sendo essa equação a mais apropriada para a região (Mendonça, 2008). Os dados, oriundos da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) Capim do INPE, foram base para o cálculo da ET_o conforme modelo acima citado e abaixo descrito.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Em que: R_n o saldo de radiação total diário (MJ m⁻² d⁻¹); G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); T_{med} a temperatura média diária do ar a 2 m de altura (°C); U₂ a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s a pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e_a a pressão parcial de vapor média diária (kPa); Δ a declividade da curva de pressão de saturação de vapor; γ a constante psicrométrica igual a 0,0633 kPa °C⁻¹.

Para o início do experimento a primeira irrigação foi realizada para elevar a umidade do solo à capacidade de campo em todos os setores. Para o balanço hídrico, a umidade do solo foi sempre estimada, abatendo-se as chuvas efetivas (74% da precipitação) da evapotranspiração da cultura (ET_c) acumulada no turno de irrigação, levando-se em consideração a quantidade atual da água no solo no momento da irrigação (Tabela 1).

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Tabela 1. Lâmina de água de irrigação (mm), precipitação (mm), chuvas aproveitáveis (mm) e lâmina total aplicada à cultura (mm).

| Tratamento | Precipitação | chuvas aproveitáveis | Lâmina de irrigação | Água total |
|-------------|--------------|----------------------|---------------------|------------|
| Sequeiro | | 943,50 | 0 | 943,50 |
| 50% da ETc | | 876,42 | 191,05 | 1.067,47 |
| 75% da ETc | 1.502,03 | 705,86 | 379,31 | 1.085,17 |
| 100% da ETc | | 567,24 | 680,08 | 1.247,32 |
| 125% da ETc | | 394,67 | 913,95 | 1.308,62 |

No cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) foi utilizado um coeficiente de cultura (Kc) de acordo Doorembos & Kassam (1994) para os diferentes estádios de desenvolvimento, como forma de determinar a evapotranspiração da cultura para cada estádio.

Foram coletadas, no plano tridimensional (x,y,z) com três repetições; cada uma delas com um total de 216 amostras de solo com raízes. Para a amostragem foi utilizada um trado holandês para extração de raízes com base circular de diâmetro de 7,62 cm e altura de 15,00 cm. As amostras, foram coletadas em um cubo de 1 m³ onde, ao centro estava a linha de cana.

O espaçamento entre amostras no plano **xy** foi de 20,00 x 20,00 cm e no plano **xz** e **yz** foi, em ambos, de 20,00 x 15,00 cm de profundidade (Figura 1). A separação entre o solo e as raízes se deu com o auxílio de uma peneira com malha de 2,00 mm; as raízes coletadas foram secas em estufa de circulação fechada com temperatura regulada em 65,00 °C por 48:00 h. Após a secagem foi definido que se trabalharia com

os dados convertidos para mg de raízes por ponto coletado para realização da análise geoespacial.

A técnica empregada neste trabalho para avaliar a dependência espacial dos dados amostrados foi a da geoestatística com os estudos de estacionaridade dos dados através do semivariograma, que é por definição:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Em que: N(h) é o número de pares de valores medidos Z(x_i), Z(x_i + h), separados por um vetor h. e os seus coeficientes teóricos foram definidos: o efeito pepita (Co); o patamar (C) e o alcance de dependência espacial (Ao) (Vieira, 2000).

Cambardella et al. (1994) citam que para o estudo de dependência espacial a interpretação da relação entre efeito pepita e o patamar se faz necessário e deve ser vista da seguinte forma: Co ≤ 25,00% do C forte dependência espacial, 25,00% < Co < 75,00% do C dependência espacial moderada e Co > 75,00% do C dependência espacial fraca.

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

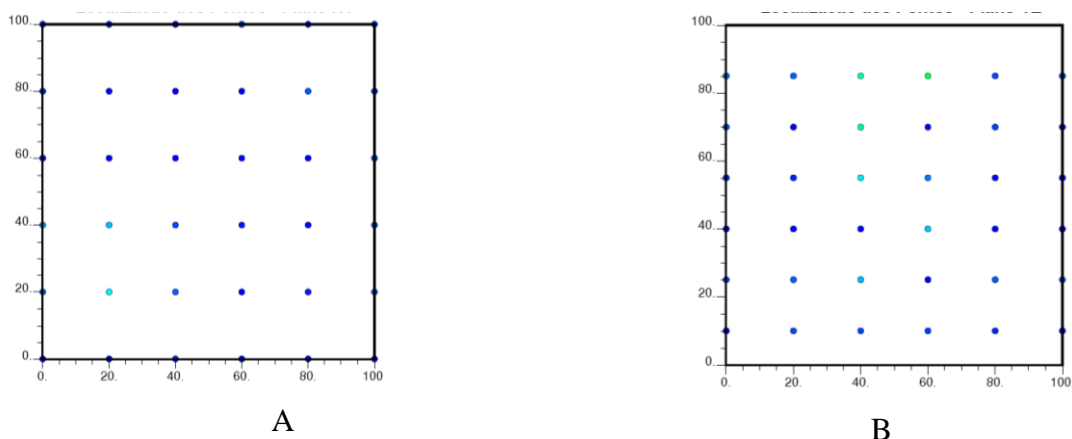


Figura 2. “Post script” da coleta de solo, em A o espaçamento 20 x 20 cm e em B o espaçamento 20 x 15 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistema radicular

Com a análise estatística verificou-se que os dados não se aderem a curva normal e que a análise geoespacial (Tabela 2) dos dados nas três condições estudadas é uma tecnologia altamente viável no estudo do sistema

radicular em cana-de-açúcar, inclusive com dependência espacial de moderada a forte, o que permite assim a estimativa de variáveis como massa total volume de solo explorado e densidade (Tabela 3) e visualização em 3D (Figura 2).

Tabela 2. Estatística descritiva e análise geoestatística para o comportamento do crescimento do sistema radicular de cana-de-açúcar, variedade RB 92 579 nos seis tratamentos.

| Água total (mm) | CV | Média | Moda | Mediana | Valores | | Teste KS * | | |
|--------------------|------|--------|------|---------|---------|---------|------------|--------|-----------|
| | | | | | Mínimo | Máximo | Dmax | Dt ** | Dst. Norm |
| 943,50 | 1,41 | 76,21 | 0 | 42,52 | 0 | 652,73 | 0,241 | 0,1177 | Não |
| 1.067,47 | 1,25 | 127,65 | 0 | 90,03 | 0 | 1018,53 | 0,213 | 0,1177 | Não |
| 1.085,16 | 1,42 | 103,87 | 0 | 58,62 | 0 | 1195,67 | 0,242 | 0,1177 | Não |
| 1.247,32 | 1,60 | 60,88 | 0 | 29,96 | 0 | 635,90 | 0,267 | 0,1177 | Não |
| 1.308,61 | 2,02 | 42,74 | 0 | 7,86 | 0 | 632,27 | 0,312 | 0,1177 | Não |

| | C _o | C | Alcance | [C _o /C] x 100 | | Modelo |
|----------|----------------|-------|---------|---------------------------|---------------|----------|
| | | | | Valor | Dep. espacial | |
| 943,50 | 0,15 | 0,805 | 25 | 18,63 | Forte | Esférico |
| 1.067,47 | 0,10 | 0,530 | 23 | 18,86 | Forte | Esférico |
| 1.085,16 | 0,18 | 0,620 | 28 | 29,03 | Moderada | Esférico |
| 1.247,32 | 0,25 | 0,765 | 22 | 32,67 | Moderada | Esférico |
| 1.308,61 | 0,25 | 0,769 | 28 | 32,50 | Moderada | Esférico |

¹ Dados em mg considerando o volume de solo de 742,71 cm³, *KS-teste de Kolmogorov-Smirnov te; D_{max} – diferença absoluta entre a função de distribuição normal acumulada e a frequência relativa observada acumulada e ajustada, D_t-valor crítico tabelado para uma amostra n e δ = 0,5 com significância de 5% (α = 0,05), D_{max}> D_t; distribuição não normal, Co - efeito pepita, C - patamar

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Da Tabela 3, depreende-se que a cana sob condições de sequeiro desenvolveu 44,48% da sua massa total de raiz nos primeiros 68,75 cm de profundidade explorando 11,06% do volume de solo estudado (110.625 cm³) caracterizando a zona de maior densidade, interpretadas como sendo as raízes de sustentação, enquanto a de baixa densidade se localizou ao longo de todo o perfil estudado, concentrado 55,51% da massa total do sistema radicular em 67,12% do volume de solo estudado (671.234,38 cm³). A cana de sequeiro deixou de explorar, por falta de raiz, um total de 21,81% do volume de solo estudado.

Tabela 3. Estimativas a partir da análise geoestatística para a Massa Total de Raízes estimada (MTRe), volume de solo explorado (V) Profundidade (P) e Densidade D (g de raízes/cm³ de solo).

| Trat. (ETc) | Água total (mm) | MTRe (kg) | Zona | M (kg) | V (cm ³) | % | P (cm) | D (mg/cm ³) |
|-------------|-----------------|-----------|----------|--------|----------------------|-------|-------------|-------------------------|
| Seq | 943,50 | 4,56 | Rosada | 0,86 | 36.468,75 | 19,04 | 0-33,75 | 23,58 |
| | | | Verde | 1,15 | 74.156,25 | 25,44 | 0-68,75 | 15,51 |
| | | | Vermelha | 1,13 | 122.906,25 | 24,97 | 0-98,75 | 9,19 |
| | | | Azul | 1,39 | 548.328,13 | 30,54 | 0-98,75 | 2,53 |
| | | | Amarela | 0,00 | 218.140,62 | 0,00 | 18,75-98,75 | 0,00 |
| 50% | 1.067,47 | 7,84 | Rosada | 0,52 | 13.843,75 | 6,63 | 0-33,75 | 37,56 |
| | | | Verde | 1,68 | 70.875,00 | 21,49 | 0-46,25 | 23,70 |
| | | | Vermelha | 4,85 | 447.812,50 | 61,89 | 0-68,75 | 10,83 |
| | | | Azul | 0,78 | 352.828,13 | 9,97 | 0-98,75 | 2,21 |
| | | | Amarela | 0,00 | 114.640,63 | 0,00 | 11,25-98,75 | 0,00 |
| 75% | 1.085,16 | 6,41 | Rosada | 0,30 | 9.500,00 | 4,70 | 6,25-38,75 | 31,58 |
| | | | Verde | 2,05 | 89.046,88 | 32,05 | 0-43,75 | 23,02 |
| | | | Vermelha | 3,03 | 289.046,88 | 47,40 | 0-68,75 | 10,48 |
| | | | Azul | 1,02 | 334.750,00 | 15,85 | 0-98,75 | 3,05 |
| | | | Amarela | 0,00 | 277.656,25 | 0,00 | 13,25-98,25 | 0,00 |
| 100% | 1.247,32 | 2,86 | Rosada | 0,03 | 13.575,00 | 1,07 | 0-36,25 | 2,21 |
| | | | Verde | 0,22 | 14.593,75 | 7,82 | 0-38,75 | 15,07 |
| | | | Vermelha | 1,04 | 117.703,13 | 36,39 | 0-53,75 | 8,84 |
| | | | Azul | 1,56 | 555.221,87 | 54,7 | 0-98,75 | 2,81 |
| | | | Amarela | 0,00 | 298.906,25 | 0,00 | 0-98,75 | 0,00 |
| 125% | 1.308,61 | 2,20 | Rosada | 0,32 | 14.953,13 | 14,70 | 0-38,75 | 21,40 |
| | | | Verde | 0,38 | 25.187,50 | 17,39 | 0-43,75 | 15,09 |
| | | | Vermelha | 0,64 | 74.048,13 | 29,30 | 0-51,25 | 8,64 |
| | | | Azul | 0,85 | 387.936,24 | 38,60 | 0-98,75 | 2,19 |
| | | | Amarela | 0,00 | 497.875,00 | 0,00 | 0-98,75 | 0,00 |

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

A cana irrigada com 50% da ETc mostrou um padrão de comportamento bem definido; sendo que os primeiros 46,25 cm de profundidade foram ocupados por 28,12% da massa total do sistema radicular que são de alta concentração, interpretadas como sendo raízes de sustentação e exploraram um volume de solo equivalente a 8,47% do total estudado; 71,86% do sistema radicular dessa cana estão na zona de baixa concentração radicular (interpretados como sendo zona de pelos absorventes) e se distribuem ao longo de todo o perfil estudado, explorando 77,06% do volume de solo estudado. Para esse tratamento, desde os 11,25 cm até os 98,75 cm de profundidade encontrou-se pontos sem sistema radicular que totalizaram 11,46% do volume total de solo, o que pode ser visualizado na Figura 2.

Observou-se que a cana irrigada com 75% da ETc desenvolveu 36,75% do seu sistema

Quando a cultura foi irrigada com 125% da ETc; 32,09% da massa de raízes foram encontradas nos primeiros 43,75 cm de profundidade e destes 14,70% sendo raízes de sustentação (zona de alta densidade). 67,90% do sistema radicular permaneceram na zona de baixa concentração radicular (interpretados como sendo zona de pelos absorventes) e se distribuíram ao longo de todo o perfil estudado, desde a superfície até os 98,75 cm de profundidade. Observou-se que quando irrigada com 125% da ETc, a cana diminuiu a emissão de raízes ao longo do perfil estudado; verificou-se que, nesse caso 49,78% do solo não foi explorado pelas raízes da cana.

Dos resultados encontrados nesta pesquisa, depreende-se que na medida em que se aumenta a lâmina de água incidida na cultura, superficializam-se as zonas de alta densidade e em contrapartida se aumenta a emissão de raízes finas formando zonas de baixa densidade. Tais resultados corroboram com o que diz Morris e Tai (2004). Para Otto et al. (2009) a utilização de um trado para coleta de raízes foi viável na obtenção

nos primeiros 43,75 cm de profundidade. Nela, a zona de maior densidade, interpretadas como sendo as raízes de sustentação, está concentrada na faixa de 6,25 a 38,75 cm enquanto a de baixa densidade se localizou ao longo de todo o perfil estudado concentrado 63,27% do sistema radicular. Nesse tratamento, 27,76% do volume de solo estudado foi inexplorado pelas raízes da cana, ou seja não houve presença das mesmas.

Para a cana irrigada com 100% da demanda observou-se que 8,87% das raízes situaram-se nos primeiros 38,75 cm de profundidade e uma zona cuja densidade esteve entre 2,21 a 15,07 mg cm⁻³ de solo. Da Tabela 3 depreende-se que 54,70% da massa total de raízes possuem densidade de 2,81 mg cm⁻³ de solo. A cana quando irrigada com 100% da ETc deixou 29,89 % do volume do solo estudado sem exploração, ou seja sem raízes.

dos dados como afirmam, também, Farias et al. (2008).

Produtividade e correlações com a Massa Total de Raízes estimada

Na Tabela 4 podem ser observados os efeitos significativos para a irrigação; dela depreende-se que muito embora a safra ora analisada, tenha sido de regular pluviometria os efeitos da irrigação foram altamente significativos do ponto de vista da produtividade física.

A diferença entre a cana irrigada com 125% da ETc para a cana cultivada em regime de Sequeiro foi de 28,69%, entretanto para a cana irrigada com 50 e 75% da ETc a diferença é de apenas 0,91% e entre a cana irrigada com 100 e 125% da ETc a diferença é de 0,57%.

Entre a cana irrigada com 100% da ETc e aquela irrigada com 75% da ETc a diferença foi de 6,29%. Na Tabela 4, observa-se que foi significativo (com 5% de probabilidade) o modelo de regressão com o qual se estimou a massa de raízes em função da produtividade alcançada. É notório que a

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

presença de uma grande massa de raízes não é sinônimo de maiores produtividades.

Com o uso do modelo constante na Figura 3, observa-se que o ponto de máximo desenvolvimento radicular, ou seja, máxima produção de raízes ($8,31 \text{ kg m}^{-3}$) se dá quando a produtividade atinge $130,12 \text{ t ha}^{-1}$. Entretanto, quando a produtividade aumenta para patamares em torno de $145,62 \text{ t ha}^{-1}$ a massa radicular decresce para $2,25 \text{ kg m}^{-3}$.

Tais resultados encontrados nessa pesquisa encontram fundamentação com o trabalho desenvolvido por Morris e Tai (2004). Os autores concluíram que os melhores rendimentos estão sempre relacionados à menor concentração de raízes curtas e de diâmetro maior na superfície e maior concentração de raízes longas e mais finas nos horizontes mais profundos do solo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os índices de produção e análise de regressão entre a produtividade a massa total de raízes estimada a variedade RB 92 579 submetida a lâminas de irrigação

| Anova para produtividade (t ha^{-1}) | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------|------------|--------|-----------|------------|------------|--------|------------|------------|
| Var | Índices estatísticos analisados | | | | | Médias | | | | |
| | Blc/lâ m | Lâmina | QMR | CV (%) | Dms | Seq | 50% | 75% | 100% | 125% |
| Prod | 425,66 ns | 3087,57* * | 234,3 0 | 11,63 | 16,5 9 | 113,1 5 | 134,9 8 | 136,21 | 144,7 9 | 145,6 2 |

| Análise de regressão para Massa Total de Raízes estimada (MTRe), em função da produtividade | | | | | | | | | |
|---|--------------|------------|---------|------------|------------|----------------|------------|-----------|--|
| | Coefficiente | DP | T | Coef. beta | Prob (coe) | R ² | F (eq) | Prob (eq) | |
| Constante | -295,146 | | | | | | | | |
| Prod | 4,76301 | 0,579 9 | 8,2134 | 26,3804 | 0,0073** | 94,9 5 | 38,60 * | 0,0253 | |
| Prod ² | -0,018684 | 0,002 2 | -8,3175 | -2,67148 | 0,0071** | | | | |

** significativo com 1%; * significativo com 5%; ns não significativo pelo teste F; QMR - quadrado médio do resíduo; CV(%) - coeficiente de variação; QMDR - quadrado médio devido a regressão; F - valor de F calculado; Prob, F - significância do modelo; TCH- toneladas de cana por hectares; DP – Desvio padrão.

Para a cana irrigada com 100% da ETc 91,09% do seu sistema radicular foi de baixa densidade (mg/cm^3), constituindo-se de material mais fino e leve (radicelas) que são mais eficientes na absorção de nutrientes. Quando a cana é irrigada com 125% da ETc esse total é de 69,70%. Nesse sentido, na cana em regime hídrico de sequeiro 90,01% do seu sistema radicular é considerado como de média a alta densidade (raízes mais grossas e pesadas).

CONCLUSÕES

A análise geoestatística para a definição do modelo geoespacial do crescimento radicular da cana-de-açúcar sob condições de sequeiro e irrigada com e 50, 75, 100 e 125% da ETc pode ser utilizada com confiabilidade e acurácia na modelagem de seu

desenvolvimento e de sua distribuição no espaço.

A irrigação promoveu elevada produtividade, superficialização da zona de alta densidade radicular e favoreceu o aumento de raízes em zonas de baixa densidade.

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOESPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Maior massa de raízes não é uma condição “sine qua non” para obtenção de elevada produtividade da cana-de-açúcar, variedade RB 92 579, haja vista o fato de que a variedade estudada diminui a produção de sua massa radicular quando em condições de maiores produtividade.

AGRADECIMENTO

À Destilaria Miriri S.A. pelo incentivo, fomento e dedicação à pesquisa com cana-de-açúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for predicting crop water requirements, Rome: FAO, 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.
- COSTA NETO, P.L.O. Estatística. 15 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 468p. 1997.
- CAMBARDELLA, C. A; MOORMAN, T. B; NOVACK, J. M; PARKIN, T.B; DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 306 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33), 1994.
- FARIAS, C.H. de A.; OLIVEIRA, K.S. de; ANTUNES, V.L.; SILVA, P.C.M. da. Variabilidade química do solo dos tabuleiros costeiros paraibanos I: fósforo, cálcio e alumínio. XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. CD ROM, São Pedro, SP, 4p. 2004.
- FARIAS, C.H. de A., OLIVEIRA G.S. de. Alumínio: variabilidade em tabuleiro costeiro paraibano e sua influência no cultivo da cana-de-açúcar. XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. CD ROM. 4p, Bonito/MS. 2007.
- FARIAS, C. H. de A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M. & DANTAS NETO J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.4, p.356–362, 2008.
- MENDONÇA, E.A. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim-PB. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 114p., 2008.
- MORRIS, D.R. & TAI, P.Y.P. Water table effects on sugarcane root and shoot development. Journal American Society Sugar Cane Technologists, Vol. 24, 2004
- OTTO, R.; TRIVELIN, P. C.O.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E. & VITTI, A.C. Root system distribution of sugarcane as related to nitrogen fertilization, evaluated by two methods: monolith and probes. Revista Brasileira de Ciência do Solo. V.33, p.601-611, 2009.
- SPIEGEL, M. R. Estatística. 2.ed. São Paulo: McGraw Hill, 1985, 454p.
- SILVA, P.C.M. da & CHAVES, L.H.G. Avaliação e variabilidade espacial de Fósforo, Potássio e matéria orgânica em alissolos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.5, n.3, p.431-436, 2001.
- ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br/portalunica/?Secao=UNICA%20em%20ação&SubSecao=cana-de-açúcar>. Acesso em: 01/01/2010.
- VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade do solo. In: tópicos em ciência do solo, volume I, SBCS, Viçosa-MG, p.2-52, 2000.

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOSPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

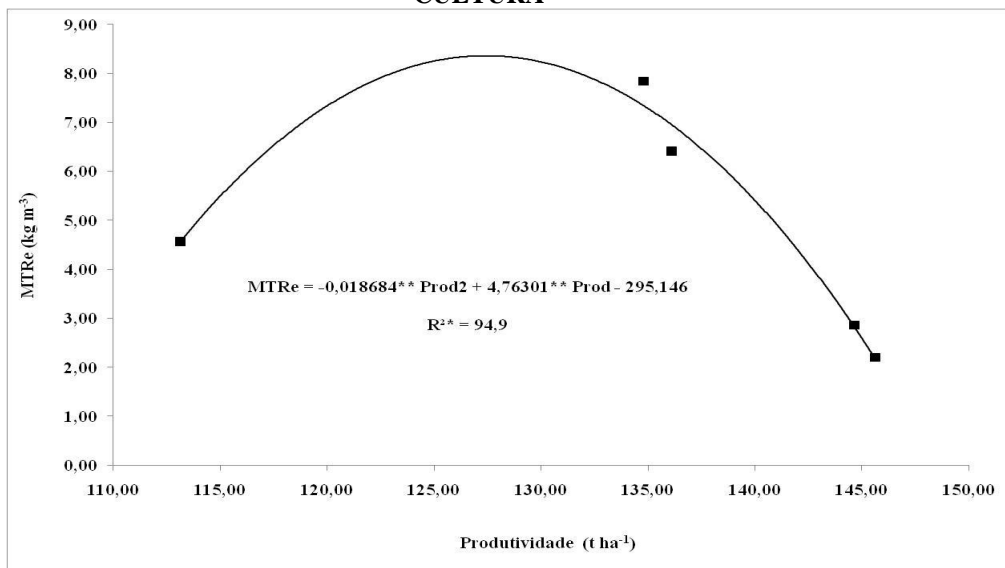


Figura 3. Modelo de regressão para a Massa Total de Raízes estimadas em função da produtividade alcançada sob lâminas de água total (mm).

| | Visualização em 3D (x,y,z,c) | Histogramas | Semivariogramas |
|-------------|------------------------------|-------------|-----------------|
| 943,50 mm | | | |
| 1.067,47 mm | | | |
| 1.085,16 mm | | | |

CRESCIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO: MODELO GEOSPACIAL E INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

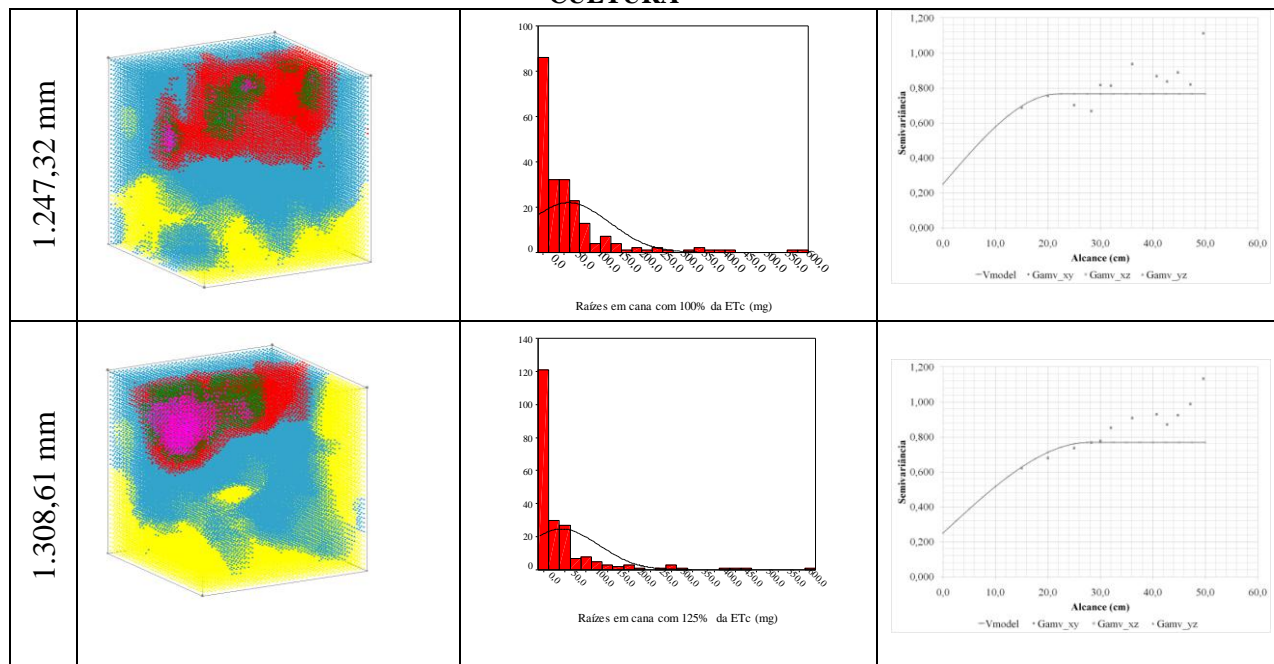


Figura 1. Visualização em 3D (x,y,z,c), estudo de frequência dos dados e semivariogramas massa de raízes na cana de sequeiro e irrigada com 25, 50, 75 100 e 125% da ETc, considerando a lâmina de água total incidida sobre a variedade RB 92 579.