



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

JÚLIO JUSTINO DE ARAÚJO

**SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BANANEIRA NO
VALE DO AÇU-RN**

MOSSORÓ/RN

2016

JÚLIO JUSTINO DE ARAÚJO

**SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BANANEIRA NO
VALE DO AÇU-RN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo do Solo e da Água no Ambiente Agrícola.

Orientador: Vander Mendonça, Prof. D.Sc

MOSSORÓ/ RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A663s Araújo, Júlio Justino de.
SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE
BANANEIRA NO VALE DO AÇU-RN / Júlio Justino de
Araújo. - 2016.
90 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2016.

1. Sistema agroecológico. 2. Irrigação. 3.
Produção familiar. 4. Sustentabilidade. 5.
fruticultura. I. Mendonça, Vander, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JÚLIO JUSTINO DE ARAÚJO

**SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BANANEIRA NO
VALE DO AÇU-RN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Manejo do Solo e da Água no Ambiente Agrícola

Defendida em: **31 /08 / 2016.**

BANCA EXAMINADORA



Vander Mendonça

Prof. D.Sc. (UFERSA) - Presidente da Banca



Gustavo Alves Pereira

Prof. D.Sc. (UFPI) - Membro Examinador



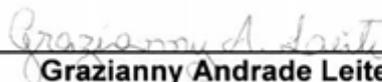
Renato Dantas Alencar

Prof. D.Sc. (IFRN) - Membro Examinador



Maria Francisca Soares Pereira

Pesquisadora D.Sc. (GVAA) - Membro Examinador



Grazianny Andrade Leite

Prof^ª. Dr^ª. (UFRPE) - Membro Examinador

Aos meus pais Vicente Justino de Araújo (*in memoriam*), e Maria Elvira de Araújo (*in memoriam*) fontes de eternos ensinamentos, orações e infinitas saudades.

OFEREÇO!

A minha esposa Sayonara P. Chacon de Araújo e aos meus filhos Bárbara Lettyccya, Katrynna Alícia, Moisés Rodolfo e Gabriela Júlia, como gratidão, reconhecimento pela ausência como esposo e pai e pelo incentivo na vida profissional e carinhos dispensados.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, minha fonte de inspiração, pelo dom da vida, pela proteção divina, por me fazer superar as adversidades e permitir a realização de mais um sonho.

À **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, pelo ensejo de expansão dos meus conhecimentos, por seu excelente apoio científico, tecnológico e logístico-estrutural.

Ao **Programa de Pós-graduação em Manejo de solo e Água**, pela oportunidade de qualificação e crescimento pessoal.

Ao meu orientador **Vander Mendonça**, pela orientação e apoio dispensado, pelos ensinamentos desde o planejamento, instalação, condução e escrita dessa obra.

À **Maria Francisca Soares Pereira**, pela ajuda com a formatação e na escrita da tese.

Aos membros participantes da banca examinadora: Professores(as) Vander Mendonça, Gustavo Alves Pereira, Renato Dantas Alencar, Maria Francisca Soares Pereira e Grazianny Andrade Leite, pelas singulares sugestões para excelência desse trabalho.

Ao **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN**, Campus Ipanguaçu, que através da Fazenda Escola viabilizou a implantação e execução do projeto de pesquisa e pelo incentivo e oportunidade de qualificar seu quadro de profissionais.

Ao **Banco do Nordeste do Brasil S.A. – BNB/FUNDECI**, que financiou parte dos recursos utilizados no projeto.

À Fundação FUNCERN, que contribuiu com a gestão administrativa e financeira dos recursos.

Aos Servidores do IFRN, Prof. Saint Clair Lira Santos e o Eng. Agr. Marlon de Moraes Dantas, pelas relevantes contribuições durante as fases de implantação e condução do experimento.

Ao Aluno **Ronan Varela** e as Alunas **Luany Gabrielly, Mariana Ribeiro, Clarisse Oliveira e Jaqueline Rodrigues**, que desenvolveram os trabalhos de TCCs e Monografias durante as fases de

implantação, execução e coletas dos dados da pesquisa, desempenhando suas atividades com dedicação e responsabilidade durante os trabalhos de campo.

A minha esposa maravilhosa **Sayonara**, cumplicidade e apoio, nossos filhos **Bárbara, Katrynna, Moisés e Gabriela**, motivos, que Deus abençoe nossa família.

Aos meus **Pais** que foram os visionários em fundar minha primeira escola em nossa residência, na zona rural do município de Jucurutu-RN, com posterior doação do terreno para a Prefeitura Municipal construir a Escola Municipal Júlio Pereira, na qual, juntamente com meus irmãos, primos e circunvizinhos, iniciamos nossos estudos. Agradeço por terem me propiciado uma vida digna, sempre acreditando que tudo é possível, desde que sejamos honestos, íntegros de caráter e tendo a convicção de que sonhar e concretizar os sonhos só dependerá de nossa vontade. Por extensão, aos meus irmãos: **Vicente, Fátima, Francisca, José, Elvira e Valfredo**, pela oportunidade de crescermos juntos e com muita união.

À todos os **professores** do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, que com responsabilidade e dedicação souberam transmitir os conhecimentos necessários.

Aos **colegas e amigos** de turma do Programa pela amizade e companheirismo, pelos momentos de troca de experiências ao longo do curso.

Enfim, para não pecar por omissão, agradeço de coração a todas as pessoas que de forma direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

JÚLIO JUSTINO DE ARAÚJO, filho de Vicente Justino de Araújo e Maria Elvira de Araújo, nasceu na cidade de Jucurutu, Estado do Rio Grande do Norte, em 13 de setembro de 1962.

Quando criança cursou o primário na Escola Municipal Júlio Pereira, zona rural e no Grupo Escolar Antônio Batista, na cidade de Jucurutu/RN; cursando o ensino fundamental na Escola Estadual Newman Queiroz, município de Jucurutu e no Ginásio Estadual de Florânia, município de Florânia/RN.

Em dezembro de 1980, concluiu o curso Técnico em Agropecuária, no Colégio Agrícola de Jundiá, município de Macaíba/RN.

Em Dezembro de 1985, graduou-se em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias, tornando-se Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), em Mossoró/RN.

Em 2010, concluiu o curso de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN, tendo concentrado seus estudos na área de Nutrição Mineral de Plantas.

Em fevereiro de 2012, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, em nível de Doutorado, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró/RN, concentrando seus estudos na área de Sistemas de irrigação e fontes de adubação de bananeira no Ambiente Agroecológico, submetendo-se a defesa de Tese em agosto de 2016.

A Agroecologia vai além da ideologia
Os Gestores, os professores e os alunos
Precisam conhecer agroecologia
Não basta apenas a teoria
Nem produzir com tecnologia
A busca constante pela autonomia
O rural merece crescer
Atender aos princípios da sociologia
O meio ambiente em equilíbrio e harmonia
É isso que precisamos SER
Para FAZER agroecologia.

Para FAZER Agroecologia
Bem nutrido, com saúde e energia
Planejar a produção que exceder
Com entusiasmo e alegria
Conhecer o mercado
Através da economia
Se organizar para vender
Satisfazer a freguesia
É isso que precisamos SER
Para FAZER agroecologia.

Para FAZER Agroecologia
Além de estudar
É preciso respeitar as questões raciais
Etnias, costumes e a cultura popular
É preciso pesquisar para poder inovar
Diversificar, vivenciar e praticar
Para poder acreditar
É isso que precisamos FAZER
Para a agroecologia acontecer.

Júlio Justino de Araújo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Quantidade produzida e rendimento médio segundo as principais frutas do Brasil.....	17
Tabela 2.	Valores de área plantada (ha), produção (Mg) e produtividade (Mg ha ⁻¹) da cultura da banana no Rio Grande do Norte, na Microrregião do Vale do Açu e seus principais municípios, Brasil – 2014.....	20
Tabela 3.	Quantidade produzida (t) de Banana, segundo as principais Unidades da Federação produtoras de banana, Brasil - 2010-2014..	20
Tabela 4.	Principais frutas exportadas pelo Brasil – 2013.....	21
Tabela 5.	Coefficientes de cultura recomendados por Doorenbos e Kassam (1984) para a bananeira no primeiro ciclo de produção.....	32
Tabela 6.	Coefficientes de cultura (Kc) recomendados por Allen et al. (1998) para dois ciclos de produção da bananeira.....	32
Tabela 7.	Risco de toxicidade por sódio em água de irrigação.....	37
Tabela 8.	Diretrizes para interpretação da qualidade das águas para irrigação	38
Tabela 9.	Classificação do solo do ponto de vista da velocidade de infiltração.....	41
Tabela 10.	Sentido predominante da infiltração em relação ao tipo de irrigação realizada.....	41
Tabela 11.	Método de determinação de infiltração em função do sistema de irrigação.....	42

CAPÍTULO I

Tabela 1.	Resultado da análise química do solo, realizado em Ago/2010.....	55
Tabela 2.	Resultado da análise química do solo, realizado em Maio/2011.....	56
Tabela 3.	Resultado da análise química do solo, realizado na UFERSA em Maio/2012.....	56
Tabela 4.	Resultado da análise da água do poço amazonas durante janeiro a abril de 2015.....	57
Tabela 5.	Espécies vegetais utilizadas no plantio do coquetel para adubação verde. IFRN, Ipanguaçu-RN, 2010.....	58
Tabela 6.	Cálculo do manejo de irrigação para a segunda quinzena de setembro/2012.....	61
Tabela 7.	Dados médios da Estação Meteorológica Automática do IFRN Campus Ipanguaçu – RN durante o período de 2011 a 2013.....	62
Tabela 8.	Cálculo do manejo de irrigação para a segunda quinzena de setembro/2012.....	63
Tabela 9.	Manejo de irrigação adotado para a segunda quinzena de set/2012..	63
Tabela 10.	Médias dos caracteres avaliados no primeiro ciclo de produção, em função dos sistemas de irrigação: MC: massa do cacho (kg); NP: nº de pencas; NFC: nº de frutos por cacho; MMP: massa média das pencas (kg); DF2P: diâmetro do fruto da segunda penca (cm); CF2P: comprimento do fruto da segunda penca (cm); MMF: massa média de frutos (g); Prod: produtividade média (Kg ha ⁻¹), Ipanguaçu-RN.....	64
Tabela 11.	Médias dos caracteres avaliados no segundo ciclo de produção, em função dos sistemas de irrigação: MC: massa do cacho (kg); NP: nº de pencas; NFC: nº de frutos por cacho; MMP: massa média das pencas (kg); DF2P: diâmetro do fruto da segunda penca (cm); CF2P: comprimento do fruto da segunda penca (cm); MMF: massa média de frutos (g); Prod: produtividade média (kg há ⁻¹), Ipanguaçu-RN.....	64
Tabela 12.	Médias dos caracteres avaliados no terceiro ciclo de produção, em	

função dos sistemas de irrigação: MC: massa do cacho (kg); NP: nº de pencas; NFC: nº de frutos por cacho; MMP: massa média das pencas (kg); DF2P: diâmetro do fruto da segunda penca (cm); CF2P: comprimento do fruto da segunda penca (cm); MMF: massa média de frutos (g); Prod: produtividade média (Kg ha⁻¹), Ipanguaçu-RN..... 66

Tabela 13. Média geral dos caracteres avaliados na produção: MC: massa do cacho (kg); NP: nº de pencas; NFC: nº de frutos por cacho; MMP: massa média das pencas (kg); DF2P: diâmetro do fruto da segunda penca (cm); CF2P: comprimento do fruto da segunda penca (cm); MMF: massa média de frutos (g); Prod: produtividade média (kg ha⁻¹), Ipanguaçu-RN..... 45

CAPÍTULO II

Tabela 1.	Alturas das lâminas de infiltração em função do tempo na área de mata nativa.....	81
Tabela 2.	Alturas de laminas de infiltração na área com adubação verde e Composto Orgânico.....	82
Tabela 3.	Método infiltrômetro de anel para determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração com adubação verde.....	83
Tabela 4.	Método de Kostiakov para determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração com adubação verde.....	84
Tabela 5.	Infiltração acumulada e velocidade de infiltração, determinadas pelos métodos do infiltrômetro de anel e Kostiakov, em diferentes sistemas de manejo.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Crotalária.....	26
Figura 2.	Mucuna anã e crotalária.....	27
Figura 3.	Guandu.....	27

CAPÍTULO I

Figura 1.	Precipitação mensal durante o período de 2011 a 2013.....	53
Figura 2.	Temperatura mensal durante o período de 2011 a 2013.....	54
Figura 3.	Umidade relativa do ar mensal durante o período de 2011 a 2013...	54
Figura 4.	Radiação líquida mensal durante o período de 2011 a 2013.....	55

CAPÍTULO II

Figura 1.	Instalação do cilindro infiltrômetro com anéis.....	78
Figura 2.	Colocação de uma lona de plástico para que a água do cilindro interno infiltre somente no instante do início do teste.....	79
Figura 3.	Cilindro infiltrômetro instalado e início do teste.....	79
Figura 4.	Gráfico dos valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno com mata nativa.....	87
Figura 5.	Gráfico dos valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno cultivado com banana orgânica e adubado com composto orgânico.....	87
Figura 6.	Gráfico dos valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno cultivado com banana orgânica e com adubação verde.....	88

SUMÁRIO

RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2. REFERÊNCIAS.....	43
CAPITULO I.....	49
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA BANANEIRA ORGÂNICA ‘PACOVAN’ EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO AÇU-RN.....	49
RESUMO	50
ABSTRACT	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAL E MÉTODOS	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4. CONCLUSÕES.....	67
5. REFERÊNCIAS	68
CAPITULO II.....	70
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS FLÚVICOS SOB SISTEMAS DE MANEJO NA REGIÃO DO VALE DO AÇU-RN.....	70
RESUMO	71
ABSTRACT	72
1. INTRODUÇÃO	73
2. MATERIAL E MÉTODOS	75
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4. CONCLUSÕES.....	89
5. REFERÊNCIAS.....	90

RESUMO

ARAÚJO, Júlio Justino. **Sistemas de irrigação na produção orgânica de bananeira no Vale do Açu-RN**. 2016. 69 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

A adequação de um sistema de irrigação depende da disponibilidade e qualidade da água, das características químicas, físicas e físico-hídricas do solo, das exigências agronômicas das plantas e das condições atmosféricas do local. O presente estudo tem como objetivo desenvolver tecnologias de sistemas de irrigação na produção orgânica de bananeira 'Pacovan' na região do Vale do Açu-RN e determinar a infiltração de água no solo em diferentes sistemas de manejo, buscando a viabilidade técnica, social e ambiental, além de proporcionar a interação entre Ensino, Pesquisa e Extensão. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas sub-divididas e com oito repetições, sendo os blocos representados por quatro sistemas de irrigação: aspersão, gotejamento, microaspersão e alternativo. O espaço amostral foi de 32 parcelas e cada parcela ocupou uma área de 144 m², comportando 24 touceiras de bananeiras no espaçamento 4 x 2 x 2 m. O plantio foi realizado durante o mês de dezembro 2010, a colheita iniciou-se em janeiro de 2012, tendo já colhido toda produção das plantas mães, filhas e netas. Foram avaliados os parâmetros de produtividade de frutos de bananeiras e a velocidade de infiltração de água no solo. Verificou-se que o sistema de irrigação por aspersão, foi o que apresentou melhor rendimento relativo no peso médio dos cachos com 14,78 kg, comprimento médio dos frutos com 15,46 cm e produtividade de 24,63 megagramas ha⁻¹. A melhor taxa de infiltração foi de 9,27 cm e a velocidade de infiltração de água no solo foi de 2,01 cm h⁻¹ em área com mata nativa.

Palavras-chave: Sistema agroecológico. Irrigação. Produção familiar. Sustentabilidade.

ABSTRACT

ARAÚJO, Júlio Justino. **Irrigation systems in the production of banana organic in valley of the Açu-RN**. 2016. 69 f. Dissertation (Doctorate in Agronomy: Soil management and water). Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2016.

The suitability of an irrigation system depends on the availability and quality of the water, the chemical, physical and physical-water characteristics of the soil, the agronomic requirements of the plants and the local atmospheric conditions. The present study aims to develop irrigation systems technologies in the organic production of 'Pacovan' banana in the Açu-RN Valley region and determine the infiltration of water into the soil in different management systems, seeking technical, social and environmental viability, In addition to providing the interaction between education, Research and Extension. The experimental design was randomized blocks with sub-divided plots and with eight replications, the blocks being represented by four irrigation systems: sprinkler, drip and micro-sprinkler alternative and alternative. The sample space was 32 plots and each plot occupied an area of 144 m², including 24 clumps of banana trees in the spacing 4 x 2 x 2 m. The planting was carried out during the month of December 2010, the harvest began in January 2012, having already harvested all production of plants mothers, daughters and grandchildren. The productivity parameters of banana fruits and the speed of infiltration of water in the soil were evaluated. It was verified that the sprinkler irrigation system presented the best relative yield in the average weight of the bunches with 14.78 kg, average length of the fruits with 15.46 cm and yield of 24.63 megagrams ha⁻¹. The best infiltration rate was 9.27 cm and the water infiltration velocity in the soil was 2.01 cm h⁻¹ in an area with native forest.

Keywords: Agroecological system. Irrigation. Household production. Sustainability.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

Considerando dados do IBGE de 2014, o Brasil produz anualmente cerca de 40,9 milhões de megagramas de frutas. A laranja lidera o ranking de produção anual nacional (16.927.637 Mg.), sendo seguida pela produção de banana (6.946.567 Mg.) e melancia (2.079.547 Mg.) (Tabela 1). Analisando-se a produção na região semiárida do Nordeste, a posição de destaque é ocupada pela banana, como principal frutífera cultivada (1.279.937 Mg ano⁻¹). Nesta região a fruticultura é fortemente desenvolvida nos perímetros irrigados, a exemplo da Chapada do Apodi (RN), Várzeas de Sousa (PB), Tabuleiro de Russas (CE), Vale do São Francisco (PE e BA) e Vale do Açu (RN), onde se produz frutas de excelência, que ganham cada vez mais o mercado internacional.

Tabela 1 – Quantidade produzida e rendimento médio segundo as principais frutas do Brasil.

Frutas produzidas	Quantidade produzida (Mg)	Valor (1.000 R\$)
Laranja	16.927.637	5.535.436
Banana	6.946.567	5.574.268
Coco-da-baía (1)	1.946.073	1.215.122
Mamão	1.603.351	1.210.732
Uva	1.453.889	2.101.219
Dendê (coco)	1.393.873	343.415
Maçã	1.378.617	1.387.046
Manga	1.132.449	803.415
Limão	1.101.762	803.200

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2014

A produção frutícola promove altos rendimentos por unidade de terra (kg ha⁻¹), assegurando perspectivas promissoras de receitas, especialmente para pequenos agricultores, em áreas onde o valor da terra é alto e a quantidade é baixa. A fruticultura pode contribuir para a redução da pobreza, fornecendo oportunidades de postos de trabalho (FAO, 2013).

A cadeia produtiva da fruticultura brasileira é responsável por boa parte das exportações comerciais. Dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC) revelam que em 2013 o volume brasileiro de exportações foi de 778 mil megagramas de frutas (incluindo nozes e castanhas), gerando um montante de mais de 800 milhões de dólares (ROCHA et al., 2014).

Os ganhos qualitativos e quantitativos obtidos com a adoção das práticas tecnológicas, contribuem de forma direta para a redução dos níveis de pobreza e para o aumento da produção de alimentos das comunidades trabalhadas e de forma indireta, na geração de emprego e renda, devido a qualificação da mão de obra em atividades demandadas pelo negócio rural potiguar (GUERRA et al., 2010).

Considerando a necessidade de obter recomendações técnicas e científicas relativas ao uso dos diferentes sistemas de irrigações e fontes de adubo, visando uma maximização da produtividade de bananeiras na região do Vale do Açú-RN, torna-se imprescindível obter informações que possam ser implementadas em áreas de produção agrícola de banana na Região Oeste do RN, situado no semiárido do nordeste brasileiro.

Diante o exposto, objetivou-se avaliar os sistemas de irrigação na produção orgânica de bananeira no vale do Açú-RN e determinar a infiltração da água no solo em diferentes sistemas de manejo.

1.1. Cenário da fruticultura convencional e orgânica

A fruticultura brasileira exportou 877,6 milhões de dólares, produzindo 777.987 megagramas de frutas, tendo despertado o interesse de produtores e sido pauta de destaque nas discussões de alternativas na geração de divisas para o país, pois o alto valor agregado ao produto e, muitas vezes, sua reconhecida qualidade, garantem perspectivas positivas para o setor frutícola nacional no mercado externo (SECEX, 2013).

Ao longo de milhares de anos, diferentes povos têm realizado uma agricultura baseada no manejo dos materiais disponíveis nas propriedades rurais. Dentre esses materiais, destacam-se aqueles de origem orgânica (esterco, restos de cultura, composto, etc.) que possibilitam melhorias da qualidade do solo e aumento da produtividade. No final do século XIX, essa forma de fazer agricultura foi transformada por descobertas científicas que abriram caminho para o uso de fertilizantes minerais (EHLERS, 1996).

Nas décadas de 1950 e 1960, a “Revolução Verde” atingiu os países do Terceiro Mundo. Os governos locais criaram linhas de crédito atreladas à compra de insumos agropecuários, enquanto as principais escolas de agronomia destes países reformularam seus currículos, valorizando as técnicas associadas ao novo modelo agrícola (CAPORAL, 2009).

No Rio Grande do Norte a produção de frutas tropicais está diretamente relacionada ao desenvolvimento da agricultura irrigada e teve sua capacidade de irrigação

potencializada pela construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, ou de seus afluentes, sobretudo no Polo de Desenvolvimento Territorial Açú/Mossoró. O incremento da fruticultura irrigada proporcionou resultados positivos sobre a economia, uma vez que o Estado detém um comportamento bastante diferenciado frente aos demais Estados nordestinos e até mesmo em relação ao Brasil, apresentando taxas médias de crescimento sempre acima das médias regional e nacional.

1.2. Bananicultura no Rio Grande do Norte e na microrregião do Vale do Açú

O sistema de produção da banana no Rio Grande do Norte é dividido em dois subsistemas: Sequeiro, explorado nas regiões do Litoral Oriental e Norte, e Irrigado na Microrregião do Vale do Açú. Este último caracteriza-se por plantios mais tecnificados, principalmente na Área do Distrito de Irrigação do Baixo Açú - DIBA e nas áreas de produção da empresa Del Monte, empresa multinacional instalada nessa Microrregião há mais de dez anos (GUERRA et al., 2009).

Conforme Guerra (2008), os produtores de banana da microrregião do Vale do Açú estão inseridos na sua maioria no DIBA e deram início ao cultivo de banana após a crise do melão que houve na região, em meados da década de noventa, constituindo-se uma alternativa na diversificação de culturas.

Esta região destaca-se como maior produtor de banana do Estado do RN, sendo que nos municípios de Ipanguaçu, Assu e Carnaubais destaca-se uma única empresa multinacional como grande produtora, enquanto que no município do Alto do Rodrigues, destaca-se a produção através do DIBA, através dos pequenos e médios produtores.

O DIBA, que está localizado na microrregião do Vale do Açú, é um projeto de ocupação de área, que foi estruturado pelo setor público com toda a infraestrutura de captação de água e está dividido em lotes de produtores (8,16 hectares), lotes de técnicos (16,0 ha) e lotes empresariais (50 a 100 ha). Nesse projeto, há aproximadamente 1.200 hectares plantados com banana das cvs. 'Pacovan' ou 'Prata' e 'Maçã'. A cv. 'Pacovan' é a mais cultivada por apresentar boa adaptação à região (condições edafoclimáticas) e preferência dos mercados (GUERRA, 2009).

Valores de área plantada, produção total e produtividade de banana, a nível de estado (RN), microrregião (Vale do Açú) e municípios de maior expressão na bananicultura. Percebe-se nesses dados que a produtividade média da microrregião do Vale do Açú (36,24 Mg ha⁻¹), é de fato, superior à média do estado do RN (29,41 Mg ha⁻¹), e

250% a mais que a média nacional que é de 14,53 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2014), atestando o maior nível de incorporação de técnicas de cultivo (GUERRA, 2008; GUERRA et al., 2009) (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de área plantada (ha), produção (Mg) e produtividade (Mg ha⁻¹) da cultura da banana no Rio Grande do Norte, na Microrregião do Vale do Açu e seus principais municípios, Brasil – 2014.

Principais municípios produtores do RN	Área destinada à colheita (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (Mg)	Rendimento médio (kg ha ⁻¹)	Valor (1 000 R\$)
Rio Grande do Norte	5 830	5 816	171 061	29 412	118 529
Vale do Açu	2.392	2.392	86.694	36.243	34.678
Alto do Rodrigues	1.020	1.020	34.680	34.000	13.872
Ipanguaçu	800	800	29.600	37.000	11.840
Açu	345	345	13.800	40.000	5.520
Baraúna	500	500	9.000	18.000	11.340
Carnaubais	217	217	8.246	38.000	3.298

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2014.

No cenário nacional dos principais estados produtores de banana, verifica-se que o Estado do Rio Grande do Norte ocupava a 12^a posição em 2010, com uma produção de 145.689 megagramas em 2014 passou a ocupar a 10^a posição, com uma produção de 171.061 megagramas, superando os Estados do Rio de Janeiro e Paraíba (Tabela 3).

Tabela 3 - Quantidade produzida (Mg) de Banana, segundo as principais Unidades da Federação produtoras de banana, Brasil - 2010-2014.

Principais Unidades da Federação	2010	2011	2012	2013	2014
Brasil	6 969 306	7 329 471	6 902 184	6 892 622	6 946 567
Bahia	1 079 050	1 239 650	1 083 346	1 113 930	1 088 647
São Paulo	1 238 243	1 354 528	1 215 435	1 090 009	1 056 387
Minas Gerais	654 444	654 566	687 293	736 038	711 397
Santa Catarina	664 012	650 518	689 815	664 336	701 484
Pará	539 979	545 493	547 098	585 943	588 655
Ceará	445 169	494 250	415 763	375 531	452 541
Pernambuco	517 285	545 707	407 574	364 144	396 470
Paraná	237 267	243 595	276 890	280 458	207 327
Goiás	183 757	173 602	197 990	196 540	196 701
Rio Grande do Norte	145 689	142 750	147 129	148 304	171 061
Rio Grande do Sul	121 451	89 420	110 558	122 934	138 072
Rio de Janeiro	152 486	152 326	153 752	150 586	131 702
Paraíba	209 380	202 791	141 974	145 721	124 945

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2010-2014.

Em relação as exportações de frutas, verifica-se que a banana ocupa o 8º lugar em valor exportado com US\$ 35.576.000, no entanto, em quantidade exportada ocupa o 3º lugar com 99.216 megagramas, representando apenas 1,44% da quantidade de banana produzida à nível Nacional em 2013 (Tabela 4). Verifica-se que entre as oito (08) principais frutas exportadas, a banana representa a de menor valor unitário, demonstrando baixo valor agregado aos frutos e provavelmente baixo padrão de qualidade.

Tabela 4 – Principais frutas exportadas pelo Brasil – 2013.

CULTURA	V. UNIT. (US\$/t)	V. TOTAL US\$ 1000	PRODUÇÃO (Mg)
Melões	771,00	147.580	191.413
Mangas	1.208,78	147.482	122.009
Castanha de caju	6.400,02	134.170	20.964
Uvas	2.385,25	103.000	43.182
Limões e limas	940,47	73.924	78.603
Maçãs	737,90	63.044	85.437
Mamões	1.463,64	41.803	28.561
Bananas	358,57	35.576	99.216

Fonte: AgroStat Brasil, com dados da SECEX/MDIC, 2013.

A busca por alternativas agrícolas sustentáveis que não degradem o meio ambiente, a demanda por produtos “limpos” ou livres de agrotóxicos e o elevado custo de produção da agricultura convencional, tem gerado o desenvolvimento de projetos relacionados com a agroecologia, objetivando satisfazer a demanda do mercado. Segundo a Federação Internacional dos Movimentos de agricultura Orgânica (IFOAM, 2013), atualmente o sistema integra 1,8 milhões de agricultores em 162 países em todo o mundo, com uma área de 37 milhões de hectares.

1.3. Cultivares mais plantadas na microrregião do Vale do Açu-RN

A cv. *Grand Naine* é a mais cultivada nas áreas plantadas para exportação. Esse material é um mutante, como o próprio nome indica, da cv. ‘Nanica’, a qual tem se mostrado bastante instável na sua altura, podendo chegar a 3,00 m de altura. O pseudocaule é igual, mas a roseta é um pouco mais frouxa, o que diminui em parte o problema de “engasgamento” dos cachos. As folhas são um pouco maiores sendo menos intensamente coloridas e com menor cerosidade (MENDONÇA, 2009).

No DIBA e nas demais áreas produtoras de banana onde o foco é o mercado interno, predomina a cv. ‘Pacovan’. Esse material é do subgrupo Prata, do grupo genômico

AAB, apresentando assim predominância de pontos que caracterizam *M. acuminata* (MENDONÇA, 2009). Nesse grande grupo (AAB), também está classificada outra cultivar: ‘Maçã’, de relevante importância para a microrregião do Vale do Açu, devido sua considerável disseminação e importância socioeconômica, principalmente para pequenos agricultores familiares locais (GUERRA et al., 2009).

O cultivar ‘Pacovan’ é um mutante da cultivar ‘Prata’, encontrado na serra de Baturité, no Ceará, no início deste século. É cerca de 50 cm mais alta do que a ‘Prata’. É mais robusta, em geral. Seu pseudocaule é mais grosso chegando a 50 cm na sua base e a quase 30 cm na sua roseta, sendo um pouco mais claro que a ‘Prata’ e com sua roseta bastante harmônica. As folhas são mais compridas e mais largas com postura tendendo mais para uma posição horizontal, com certa semelhança com as da cultivar Maçã. O pecíolo tem a cor de bananeira que recebeu calagem recentemente. A inflorescência tem uma postura de 45° e com o desenvolvimento das bananas, o cacho fica praticamente em posição vertical, é grande com 12 ou mais pencas, cujo peso chega a mais de 35 Kg. As bananas têm as cinco quinas bem definidas, quando amadurecida ao natural tem um pequeno sabor amiláceo, o que a torna pouco digestível. Entretanto, quando climatizada, fica semelhante a ‘Prata’, sendo que, neste caso, a cor de sua casca torna-se mais amarelada (MENDONÇA, 2009).

As plantas da cv. ‘Pacovan’ são vigorosas, têm pseudocaule mais alto que as demais cultivares desse subgrupo, apresentam um bom potencial de produtividade sob irrigação, podendo atingir 35 - 40 Mg ha⁻¹ ciclo⁻¹, são vigorosas e dispensam o escoramento, além de apresentarem os maiores valores de °Brix, em relação às demais cultivares (ALVES, 1999; JESUS et al., 2004).

Todavia, Dantas (2010), estudando características agronômicas de cultivares de bananeira na microrregião do Vale do Açu, verificou, no caso da cv. ‘Pacovan’, produtividades de 21,1, 23,0 e 27,60 Mg ha⁻¹ para primeiro, segundo e terceiro ciclo respectivamente, conferindo uma média de 23,9 Mg ha⁻¹.

1.4. Tratos culturais da bananeira

1.4.1. Tratamento de mudas

Vários autores concordam que o correto manejo da cultura pode reduzir os danos causados pelo moleque da bananeira, a começar pela qualidade das mudas de banana

utilizadas na instalação da cultura, fator preponderante na infestação do pomar (FANCELLI; MESQUITA, 1998; ZEM et al., 2000; FANCELLI; ALVES, 2001; LINS, 2008).

A disseminação do moleque da bananeira se dá através de material propagativo infestado, por isso orienta-se a observação e eliminação de galerias das mudas com descorticação do rizoma. Essa ação caracteriza-se como sendo essencial, orientando, porém, mudas com alta presença de galerias devem ser descartadas, e que tais procedimentos devem ser realizados no próprio local de onde o material propagativo está sendo retirado, com a remoção imediata destes para se evitar reinfestação (FANCELLI 1999; MESQUITA 2003).

Deve-se também retirar as bainhas foliares externas das mudas, objetivando remover ovos e/ou larvas recém eclodidas (FANCELLI, 1999; FANCELLI; MESQUITA, 1998; FANCELLI; ALVES, 2001). Ainda sobre esse tema, há referências com a recomendação de imersão do material propagativo, após descorticação, em água quente a 54°C por 20 minutos (FAZOLIN et al., 2000; CARBALLO, 2001), bem como o uso de inseticidas granulados diretamente na cova de plantio (MESQUITA, 2003).

Todavia, o uso da propagação *in vitro* tem sido apontado como a técnica mais segura para a sanidade inicial do pomar, postergando, no mínimo, a incidência de *C. sordidus* no bananal (GOLD; MESSIAEN, 2000; MESQUITA, 2003). A exemplo, o trabalho de Lins et al. (2008), que estudando a infestação dessa espécie em diversas variedades de banana, plantadas com mudas de cultivo *in vitro*, inclusive algumas já reconhecidamente mais susceptíveis ('Grand naine'), não verificaram, no período do estabelecimento da cultura na 1ª colheita, danos do moleque pelo método Mesquita (1985).

Dentre as diversas práticas, merece destaque a adubação verde, que consiste na utilização de plantas em rotação ou consórcio com as culturas de interesse econômico. Tais plantas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, proporcionando, em geral, melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (ASSIS, 2012).

1.4.2. Adubação orgânica

1.4.2.1. Leguminosas para adubação

As plantas da família das Leguminosas (ou Fabaceae) são as mais utilizadas como adubo verde. De acordo com Silva e Menezes (2007), a principal razão para essa preferência está em sua capacidade de simbiose com bactérias fixadoras do N₂ da atmosfera.

Em sistemas de adubação verde, preferencialmente, é utilizada a inserção de leguminosas, no entanto, quando se utiliza gramíneas aumenta a relação carbono/nitrogênio. O uso de leguminosas com o plantio de culturas comerciais, além da cobertura do solo, leva em consideração a relação carbono/nitrogênio, atuando diretamente na velocidade de decomposição da palhada (SANTOS et al., 2008).

A utilização de leguminosas na adubação verde melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo. As leguminosas são potencializadas pela rusticidade apresentada, pois possuem sistemas radiculares profundos e ramificados, capazes de extrair nutrientes das partes mais baixas do solo (SILVA et al., 2007), além de quebrar camadas compactadas.

Atualmente, há várias espécies de leguminosas herbáceas e arbustivas de interesse econômico para utilização na adubação verde, como *Stylobium aterrimum* (mucuna-preta), *Canavalia ensiformes* (feijão-de-porco), *Helianthus annuus* (girassol), *Crotalaria Juncea* (crotalária), *Leucaena leucocephala* (leucena) e *Cajanus cajan* (feijão-guandu) (SANTOS et al., 2008).

No Norte de Minas Gerais Duarte (2010), pesquisando sobre os atributos químicos de um solo cultivado com adubos verdes utilizou as seguintes coberturas de solo: vegetação espontânea (testemunha); *Cajanus cajan* (guandu); *Crotalaria juncea* (crotalária); *Mucuna aterrima* (mucuna-preta); *Mucuna deeringiana* (mucuna-anã); *Mucuna pruriens* (mucuna-cinza); *Lablab purpureus* (lab-lab); *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco); *Vigna unguiculata* (caupi) e coquetel (crotalária, feijão-de-porco, guandu, mucunas, lab-lab e caupi). Esse autor avaliou os níveis de fertilidade nas linhas e entrelinhas das plantas, na camada de 0 a 20 cm, aos 125 dias após semeadura dos adubos verdes, e os teores de macronutrientes e micronutrientes, fósforo remanescente (P-rem) e nitrogênio total no solo nas camadas 0 – 5 e 5 – 10 cm de profundidade do solo, aos 83 dias após o corte dos adubos verdes sem incorporação ao solo, demonstrando que a manutenção da cobertura do solo, na forma de pousio (com ou sem leguminosas), contribui

para disponibilizar nutrientes como K e Mg, além de favorecer a manutenção da matéria orgânica.

Mourão et al. (2010), em lavouras irrigadas, avaliaram o potencial de leguminosas utilizadas como adubo verde, sobre a diminuição de populações de plantas daninhas frequentes no Norte de Minas Gerais, caracterizando e identificando os grupos ecológicos das espécies amostradas. As espécies das plantas utilizadas como adubos verdes foram: *Cajanus cajan* (feijão-guandu), *Mucuna aterrima* (mucuna-preta), *Mucuna pruriens* (mucuna-cinza), *Medicago sativa* (alfafa), *Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala* (estilosantes Campo Grande), em plantio solteiro e em consórcios com o milho.

Trabalho realizado por Lima et al. (2010) para avaliar o efeito de densidades de semeadura através de dois espaçamentos (0,4 e 0,5 metros nas entrelinhas), no acúmulo de nutrientes de *Crotalária juncea*, *Mucuna deeringiana* e *Cajanus cajan* e de matéria seca observaram que a crotalária, independente da densidade de semeadura, foi a espécie mais eficiente na acumulação de matéria seca.

a. Leguminosas herbáceas utilizadas como adubo verde

As mais utilizadas em regiões tropicais são o feijão-de-porco a crotalária, e a mucuna (EIRAS; COELHO, 2011).

• Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*)

O feijão-de-porco entre os adubos verdes tem apresentado bom desempenho em consórcio com o milho, pois se adapta bem à condição de luz difusa, explora profundidades e volumes de solo diferente das plantas de milho (EIRAS; COELHO, 2011).

•Crotalária (*Crotalária juncea*)

Reis et al. (2007) estudaram três sistemas de manejo (rolo-faca, triturador de palhas e herbicida) das espécies mucuna-cinza e crotalária. As análises dos valores obtidos permitiram verificar que o fator manejo não interfere na decomposição da massa seca das coberturas vegetais e que as duas culturas de cobertura apresentam massas semelhantes aos 30; 70 e 125 dias após a semeadura, diferindo aos 97 dias, época na qual a crotalária (Figura 1) apresentou maior quantidade de massa seca devido à escassez de chuvas e ao rápido crescimento inicial da crotalária. Aos 30; 51 e 71 dias após o manejo, as massas secas das culturas foram semelhantes.



Figura 1. Crotalária.

Trabalho desenvolvido por Souza (2011), sobre adubação orgânica na crotalária, constatou que a utilização do esterco de galinha proporcionou os maiores valores das quantidades acumuladas por hectare de N ($122,68 \text{ kg ha}^{-1}$), P ($33,38 \text{ kg ha}^{-1}$) e K ($78,00 \text{ kg ha}^{-1}$) na parte aérea e os maiores valores de matéria verde da parte aérea ($24,55 \text{ Mg ha}^{-1}$), matéria seca da parte aérea ($5,89 \text{ Mg ha}^{-1}$) e matéria seca da raiz ($20,33 \text{ g}$).

Lange et al. (2009), em trabalho com trigo evidenciou o benefício da incorporação de *Crotalaria juncea* L. para o fornecimento de N gradativamente ao sistema, usando o adubo verde e a uréia, os quais concluíram que após dois anos de cultivo, em torno de 75% do nitrogênio da crotalária aplicados no primeiro cultivo e 26% do nitrogênio da uréia ainda se encontravam no solo.

•Mucuna

Entre as várias espécies de mucuna as principais são mucuna anã (*Mucuna deeringiana*), mucuna cinza (*Stylobium cinereum*) e mucuna preta (*Stylobium aterrimum*) (Figura 2). A mucuna preta é uma planta anual que vegeta bem nas regiões tropicais e subtropicais, necessita de climas quentes, de invernos suaves, sem ocorrência de geadas, sendo bastante resistentes à seca (EIRAS; COELHO, 2011).



Figura 2. Mucuna anã e crotalária.

b. Leguminosas arbóreas utilizadas como adubo verde

•Guandu (*Cajanus cajan*)

O guandu ocupa mundialmente o 6º lugar em importância alimentar dentre as leguminosas, sendo usado extensivamente na Ásia para alimentação humana e animal (Figura 3), (RAO et al., 2002).



Figura 3. Guandu.

O guandu tem se mostrado uma excelente leguminosa para inclusão em sistema de cultivo em aléia, que pode produzir até 11.000 kg ha⁻¹ de fitomassa seca, o que pode incorporar ao sistema até 283 kg ha⁻¹ de N e 23 kg ha⁻¹ de P (ALVES et al., 2004).

Salmi et al. (2006) avaliando a dinâmica de liberação desses nutrientes, a produção de fitomassa aérea e os seus teores de N, P e K, em seis genótipos de guandu, em sistema de cultivo em aléias, observou que o acúmulo de N variou de 188,3 a 261,3 kg ha⁻¹, o de P

de 7,2 a 9,4 kg ha⁻¹, o de K de 29,3 a 45,5 kg ha⁻¹ e a produtividade média de biomassa de 5,9 kg ha⁻¹.

Avaliação de quatro espécies botânicas, submetidas ao manejo orgânico e implantadas em sistemas de plantio direto, consorciadas ou não, para adubação verde e cobertura do solo, antecedendo as culturas de milho verde e repolho. As espécies de cobertura do solo utilizadas foram: Crotalária juncea, sorgo – *Sorghum bicolor*, girassol – *heliantos annus*), e mamoneira – *Ricinus communis*). A crotalária revelou destacado potencial como adubo verde, tendo em vista que somente nas parcelas onde foi previamente cultivada, não foi necessário fazer suplementação com fertilizantes para o cultivo do milho. A maior quantidade acumulada de biomassa aérea seca também resultou do monocultivo de leguminosa, o que provavelmente contribuiu para o rendimento superior do milho. Os resultados demonstraram interesse comercial sob manejo orgânico, de sistemas rotacionados com as culturas e a *Crotalária juncea*. Indicaram, todavia, que combinações desta leguminosa com outras espécies nos pré-cultivos podem acerretar vantagens adicionais, ligadas à persistência da palhada distribuída na superfície do solo, a partir do corte da biomassa aérea, e à diversidade da fauna edáfica epígea (SANTOS, 2009).

1.4.2.2. Adubação Orgânica com Esterco

Na agricultura familiar na região semi-árida e agreste do Nordeste do Brasil a utilização de esterco é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (MENEZES; SALCEDO, 2007).

O esterco bovino por ser muito encontrado em pequenas e grandes propriedades rurais do Nordeste brasileiro devido a maior parte dos produtores explorarem a criação de bovinos, pode ser uma alternativa de baixo custo para os fertilizantes minerais, podendo fornecer teores adequados de macro e micronutrientes para o crescimento das culturas e incrementa a quantidade de matéria orgânica do solo (LAZCANO; GÓMEZ-BRAWDOW, 2008).

O estado nutricional em folhas de bananeira ‘Prata-Anã’ adubadas com composto orgânico, não promoveu diferença nas concentrações de nutrientes nas folhas (DAMATTO et al, 2006).

Segundo dados da FAO (2006), quando se observam melhorias no solo, como elevação nos teores da matéria orgânica, do fósforo e do cálcio no solo, manutenção do pH

dentro de uma faixa adequada, bem como da soma de bases, CTC e saturação por bases, obteve-se produtividade média de 26,24 Mg ha⁻¹, que pode ser considerada acima da média nacional (13,56 Mg ha⁻¹). Contudo, os parâmetros de produção avaliados não mostraram diferença significativa para os tratamentos, sendo encontrado em 123 frutos, com 9,1 pencas, peso médio de cachos de 16,4 kg (DAMATTO et al, 2006).

Os adubos orgânicos podem ser: compostos orgânicos, restos orgânicos, vermicomposto, restos de culturas, esterco sólido ou líquido, biofertilizantes, adubação verde, microorganismos benéficos e outros resíduos orgânicos (BRASIL, 2011). Compostos de maneira geral, são todos os restos orgânicos, vegetais ou animais encontrados na propriedade agrícola podendo ser utilizados no preparo do adubo orgânico (Empresa de assistência técnica e extensão rural do Distrito Federal – EMATER-DF, 2010).

A prática da utilização de compostos orgânicos apresenta-se como uma alternativa promissora capaz de reduzir as quantidades aplicadas de fertilizantes químicos e corretivos na fruticultura, já que essa prática pode representar aumento em mais de 25% do custo de produção (VIDIGAL et al., 2010).

O uso de adubos orgânicos melhora a drenagem, aeração, temperatura e penetração de raízes no solo, além de melhorar significativamente a agregação das partículas, especialmente porque influencia positivamente a infiltração e a capacidade de retenção de água (OLIVEIRA et al., 2009).

Durante o processo de produção orgânica, existem limitações quanto ao uso de insumos e corretivos, no entanto, os corretivos de solo são necessários para iniciar o processo de agricultura orgânica no Brasil, sendo os mais utilizados o calcário dolomítico, calcário magnesiano e calcário calcítico. Existem outros insumos agrícolas, como calcário de conchas, que também podem ser empregados como corretivos (COSTA, 2012).

A bananeira é uma cultura que apresenta baixa tolerância a salinidade do solo. Condutividades elétricas do extrato de saturação do solo iguais ou superiores a 1,1 dS m⁻¹ prejudicam o desenvolvimento vegetativo e produtividade da cultura (OLIVEIRA, 1997). A água de irrigação com condutividade elétrica até 4 dS m⁻¹ contribui para redução na produtividade da bananeira de até 17,9% (COELHO et al., 2012).

1.5. Irrigação da Bananeira

1.5.1. Evapotranspiração e coeficiente de cultura

A determinação das necessidades hídricas da bananeira é fundamental para quantificar a água a ser aplicada ao solo durante o manejo da irrigação. A bananeira é uma planta hidrófita que requer razoável quantidade de água para manutenção de sua estrutura física, pois apresenta grande área foliar e a massa de água correspondente a 87,5% da massa total da planta (COELHO et al., 2012). O sistema radicular da bananeira pode ser pouco eficiente na extração de água do solo, e este fato aliado à grande exigência do pseudocaule demanda umidade do solo sempre em níveis próximos da capacidade de campo (SOTO BALLESTERO, 1992; 2008).

A cultura necessita de um suprimento de água e nutrientes adequado na fase vegetativa (0 a 7 meses), que é fundamental para o seu crescimento e desenvolvimento. A deficiência hídrica nesta fase influenciará na taxa de desenvolvimento das folhas, no ritmo de emissão foliar, na época da iniciação floral, no número de flores femininas presente na inflorescência e, conseqüentemente, no número de pencas e na produção de cachos (TURNER; FORTESCUE, 2010). Na floração, a deficiência hídrica prejudica o crescimento das folhas e o número de frutos (ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010). Na fase de enchimento, limita o tamanho e a qualidade dos frutos. A área foliar reduzida afeta a taxa de crescimento e os provoca maturação prematura de frutos (COELHO et al., 2012).

A evapotranspiração de uma cultura (ETc) representa a quantidade de água evaporada do solo e perdida pela planta num dado período de tempo, sob determinadas condições de solo e da atmosfera. A ETc é um fenômeno de conversão de água da forma líquida para a forma de vapor na superfície do solo (evaporação) e na superfície das folhas pelos estômatos (transpiração), envolvendo fluxo de massa e de energia na camada atmosférica próxima às superfícies (COELHO et al., 2012).

A transpiração da bananeira é a componente da ETc devido exclusivamente à planta e resulta do fluxo de seiva que ocorre entre as raízes e as folhas. No caso da bananeira, o fluxo de seiva ocorre predominantemente no cilindro central do rizoma, com alguma variação quanto à intensidade, dependendo da posição da seção do cilindro central. O fluxo de seiva é diretamente relacionado com a evapotranspiração de referência (LU et al., 2002), que é influenciado principalmente, pelo déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, com maior atividade na faixa de 2,5 a 5,5 KPa (COELHO et al., 2012).

Uma aproximação física da evapotranspiração é dada pela equação de Penman-Monteith, que deriva da combinação do balanço de energia e da função de transferência de vapor, resultando num modelo simulador do fenômeno natural da evapotranspiração (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹),

R_n = radiação líquida à superfície de cultura (MJ m² dia⁻¹),

G = densidade do fluxo de calor do solo (MJ m² dia⁻¹),

T = temperatura do ar média diária a 2 m de altura (°C),

u_2 = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹),

e_s = pressão de vapor de saturação (kPa),

e_a = pressão do vapor atual (kPa),

$e_s - e_a$ = déficit de pressão do vapor de saturação (kPa),

Δ = declividade da curva de pressão do vapor (kPa °C⁻¹),

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

A evapotranspiração de uma cultura (ET_c) depende da altura da planta, da área foliar e da condutância estomatal, o que é específico para cada cultura. Uma alternativa consiste em usar uma cultura de referência, no caso do Brasil, a grama de burro (grama Batatais), com altura entre 0,08 e 0,15 m, cobrindo completamente o solo, mantendo a umidade da mesma próxima a capacidade de campo (COELHO et al., 2012).

A ET_c pode ser obtida com base na ET_o , com um fator denominado coeficiente de cultura (K_c):

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

O K_c é a relação existente entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência. Constitui-se uma variável indispensável à determinação da necessidade hídrica de uma cultura. É um fator de correção da estimativa da evapotranspiração da cultura da bananeira em função da evapotranspiração de referência (ET_o) da grama Batatais (COELHO et al., 2012).

O desenvolvimento da bananeira pode ser dividido em três fases fenológicas, considerando o crescimento vegetativo (tempo decorrido do plantio ao aparecimento do ramo floral), floração que compreende o tempo do aparecimento do ramo floral ao vingamento dos frutos e crescimento dos frutos até a colheita. No primeiro ciclo da cultura, essas fases são devidamente caracterizadas em toda a área, no entanto, a partir do segundo ciclo, em virtude de antecipações e atrasos das plantas, ocorrem variações nas fases dentro de uma mesma área (COELHO et al., 2012).

A partir do segundo ciclo, após o corte da planta-mãe do primeiro ciclo, as três fases podem ocorrer na mesma sequência como no primeiro ciclo ou com sobreposições das fases na mesma área. O período de floração apresenta a duração de 20 dias, entre o sétimo e o nono mês, desde a emissão da inflorescência até o final da floração (COELHO et al., 2012).

Doorenbos e Kassam (1984) recomendaram valores de Coeficiente da Cultura (K_c) para a bananeira em função do tempo decorrido do plantio (Tabela 5). O K_c tem sido determinado nas condições tropicais do Brasil por diferentes metodologias, obtendo-se algumas variações desses valores.

Tabela 5 - Coeficientes de cultura recomendados por Doorenbos e Kassam (1984) para a bananeira no primeiro ciclo de produção.

Meses após o plantio (Primeiro ciclo de produção)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,40	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,10	0,90	0,80

Fonte: Doorenbos e Kassam (1984)

Allen et al. (1998) sugeriram coeficientes de cultura com base nos estádios fenológicos estabelecidos com três valores, para a partir dos mesmos se determinar todo o ciclo (Tabela 6).

Tabela 6 - Coeficientes de cultura (K_c) para dois ciclos de produção da bananeira.

Ano (ciclo)	$K_{c_{in}}$	$K_{c_{med}}$	$K_{c_{final}}$
1	0,50	1,10	1,00
2	1,00	1,20	1,10

Fonte: Allen et al. (1998)

1.5.2. Manejo da irrigação sobre a produtividade da bananeira

O manejo da irrigação sobre a produtividade das culturas se traduz, de modo geral, numa relação polinomial quadrática. Tem-se o máximo da função para uma condição ótima

de umidade e potencial de água no solo seguido de uma redução devido ao excesso de água no solo, acima do limite superior da capacidade de campo, preenchendo indevidamente o espaço aéreo do solo, o que reduz a taxa de difusão de oxigênio do solo afetando as funções fisiológicas da planta (COELHO et al., 2012). Essa situação foi confirmada por Figueiredo et al. (2005), em que níveis de irrigação iguais ou superiores a 150% da ETo influenciaram negativamente a produtividade da bananeira, (COELHO et al., 2012).

1.6. Sistemas de irrigação

Para que as plantas possam desempenhar seu máximo potencial produtivo é necessário que o teor de água no solo esteja em níveis adequados (LUDWIG, 2012). A obtenção deste ponto ideal, em regiões com déficit hídrico, pode ser alcançada com o uso de sistemas de irrigação, os quais estão divididos, de acordo com Mantovani et al. (2009a), em irrigação por superfície, aspersão e localizada.

A irrigação da bananeira pode ser realizada mediante a utilização dos métodos de: superfície, aspersão e localizada, dos quais derivam os principais sistemas de irrigação com suas respectivas configurações. Qualquer um desses métodos pode resultar em eficiências de irrigação baixas (menor que 70%) ou elevadas (próximo de 90%), dependendo do sistema de aplicação de água e da realização de um correto manejo da irrigação. A irrigação por superfície, da forma mais tradicional, com sulcos abertos é de baixa eficiência, mas o uso da irrigação por pulso (surge flow) eleva significativamente a eficiência. Os sistemas de irrigação por aspersão e localizada também podem resultar em baixa ou elevada eficiência a depender do tipo, número e disposição dos emissores no campo, além das condições meteorológicas do local.

O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir os métodos de conservação do solo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem. Trabalho realizado por Cunha et al. (2009), com objetivo de estudar a velocidade de infiltração de água em um Latossolo Amarelo, submetido ao sistema de manejo plantio direto aplicando diferentes modelos empíricos, concluiu que a equação que mais se ajustou ao modelo do infiltrômetro de simples anel foi o de Kostiakov seguida do modelo de Horton.

1.6.1. Sistemas de irrigação por microaspersão

O sistema de microaspersão proporciona elevada eficiência de irrigação, gera maior área molhada, permitindo maior desenvolvimento das raízes, aplicando-se bem aos solos com maior capacidade de infiltração (arenosos). A irrigação da bananeira por microaspersão pode ser feita utilizando-se microaspersores para duas ou quatro plantas (SILVA et al., 2012).

1.6.2. Sistema de irrigação por gotejamento

O sistema de irrigação por gotejamento caracteriza-se pela presença de emissores (gotejadores) pelos quais a água escoia após ocorrer dissipação de pressão ao longo da linha lateral. As vazões de cada emissor geralmente variam de 2 a 10 L h⁻¹ e dentre suas vantagens estão a grande economia de água e energia e a excelente uniformidade de aplicação de água, comparado a outros tipos de irrigação (MANTOVANI et al., 2007).

No uso do gotejamento deve-se atentar para a vazão, o número e a disposição dos gotejadores de forma a se estabelecer uma área molhada propícia ao desenvolvimento das raízes. A variação da posição dos pseudocaules com as colheitas nos sucessivos ciclos pode dificultar o uso do gotejamento, principalmente com relação ao direcionamento dos filhos por ocasião do desbaste e quando em solos de textura média a arenosa. Dessa forma, para uso de irrigação localizada é necessário manter o alinhamento de todas as fileiras do bananal, sendo que a escolha da planta do ciclo subsequente deve ser baseada no alinhamento das fileiras (SILVA et al., 2012).

No que diz respeito ao efeito dos sistemas de irrigação localizado sobre a produtividade da bananeira, Silva (2009) realizou uma análise conjunta de dez sistemas de irrigação, sendo cinco diferentes configurações por gotejamento e cinco diferentes configurações por microaspersão. Este autor verificou que há diferença significativa entre as médias das variáveis dependentes relativas à produção para os dois sistemas de irrigação.

No experimento conduzido em Cruz das Almas-BA, a bananeira cultivar BRS Tropical respondeu melhor ao sistema por microaspersão que ao gotejamento, o que pode ser explicado pela maior área molhada dos sistemas com microaspersão. O crescimento da bananeira é favorecido nos primeiros cinco meses pelo gotejamento que promove elevação da umidade junto ao sistema radicular da cultura ainda pouco desenvolvido. Com o

crescimento do sistema radicular, o volume molhado resultante do gotejamento torna-se inferior ao volume de solo no qual as raízes se proliferam (SILVA et al., 2012). A irrigação por microaspersão, com maior área molhada, possui a distribuição espacial da umidade com valores inferiores aos da umidade do volume molhado resultante do gotejador, sendo desvantajoso para a bananeira nos primeiros cinco meses do plantio (COELHO FILHO et al., 2005).

1.6.3. Sistema de irrigação por aspersão

Segundo FARIA et al. (2009), a distribuição da água aplicada dos sistemas de aspersão é um processo que passa por duas etapas: aplicação da água na superfície do solo ou da cultura e redistribuição da água aplicada no interior do solo. A irrigação por aspersão é muito influenciada pela infiltração da água no solo, que apesar dos efeitos positivos da redistribuição, em alguns casos, pode anular os efeitos da desuniformidade de aplicação, na qual deve-se considerar, conforme enfatizado por FRIZZONE et al. (2007), que a uniformidade do teor de água do solo e a produtividade das culturas irrigadas são bastante dependentes da uniformidade com que a água é aplicada durante a primeira fase desse processo.

Segundo HSIAO et al. (2007), a melhoria da performance dos sistemas de irrigação e o aprimoramento do manejo da irrigação são de grande importância e são necessários para aumentar a produtividade por unidade de água e tornar a agricultura irrigada com mais sustentabilidade, uma vez que a disponibilidade de água para a irrigação será reduzida no futuro, devido ao aumento da demanda por outros setores prioritários (SANTOS et al., 2010).

A irrigação por aspersão apesar de apresentar elevada demanda hídrica em função da lâmina de água a ser distribuída por toda a área, poderá apresentar altas produtividades, mediante eficiente manejo das lâminas de irrigação (MANTOVANI et al., 2009a).

1.6.4. Sistema de irrigação por superfície (bacia em nível)

É um método de irrigação apropriado para o cultivo da bananeira, entretanto, exige uma sistematização do terreno visando melhorar a uniformidade de distribuição da água. Deve-se evitar a utilização deste método em áreas cujo solo apresenta alto teor de areia

grossa, uma vez que a alta taxa de infiltração destes solos podem promover elevadas perdas por percolação (SILVA et al., 2012).

As linhas de plantio nesse sistema de irrigação devem estar preferencialmente sob fileiras duplas, onde os sulcos de base larga devem ter a largura próxima do espaçamento entre fileira simples, ou seja, a água flui entre fileiras simples, deixando seca a superfície do solo entre fileiras duplas para facilidade de manejo da cultura, no entanto, quando a topografia do terreno não permite sistematização ou quando se pretende minimizar os impactos provocados pela irrigação, os sulcos deveram seguir as curvas de níveis com ou sem gradientes. Os sulcos de base larga devem ter profundidade próxima de 0,50 m (BARRETO, 1992). A distribuição de água para os sulcos é feita por meio de comportas que podem ser do tipo tubular com dissipadores hidráulicos de energia da água (SILVA et al., 2012), podendo também ser com sifão e tubos janelados. A irrigação da cultura da bananeira por meio de bacias em níveis já foi pesquisada, com excelentes resultados, no perímetro irrigado de São Gonçalo, Souza/PB, registrando-se rendimento de até 40 Mg ha⁻¹ para a variedade Pacovan e de até 100 Mg ha⁻¹ para a Nanição (BARRETO, 1992).

1.7. Configurações dos sistemas de irrigação localizada

Uma vez escolhido o método de irrigação, deve-se proceder a configuração do sistema de irrigação, escolhendo adequadamente o número de emissores a serem utilizados, a vazão, o diâmetro dos bocais, a pressão de serviço e a disposição dos mesmos em relação à cultura.

Nos sistemas de irrigação localizados, a água aplicada distribui-se no solo de forma multidimensional e desuniforme em parte da área de cultivo, diferindo do que ocorre nos sistemas de aspersão, cuja água é aplicada em toda área de cultivo, distribuindo-se de forma unidimensional no solo. Esta particularidade dos sistemas de irrigação localizada faz com que algumas variáveis de produção, manejo da irrigação e eficiência de aplicação sejam modificadas em função do número de emissores a serem utilizados por planta, sua vazão e disposição em relação à bananeira (SILVA, 2009).

Existem diversas formas de configurar um sistema de irrigação localizada para o cultivo da bananeira. O efeito dessas configurações poderá variar em decorrência das condições da variedade, de solo e de clima locais. Estudos sobre efeito de diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada foram realizados em solos de textura

média a argilosa em condições subúmidas da região do Recôncavo da Bahia e no semiárido (SILVA, 2009, 2010).

1.8. Produtividade da bananeira irrigada

Estudo realizado na EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas-BA, Silva (2009) avaliou o efeito de diferentes configurações de sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão na produtividade da bananeira cv. BRS Tropical. Verificou-se que a análise de variância foi significativa para o sistema de irrigação por microaspersão, ao nível de 5% de probabilidade, para quaisquer variáveis analisadas (produtividade de pencas 23,16 Mg ha⁻¹, número de frutos por cacho 107 unidades, peso médio de frutos 161,18 g frutos⁻¹).

1.9. Qualidade da água para fins de irrigação

Indicadores técnicos de qualidade da água para fins de irrigação, relacionando graus de restrições de uso pelo risco de toxicidade do sódio para as culturas, em função da razão de adsorção de sódio (RAS), para sistemas de irrigação superficial e de aspersão (Tabela 7).

Tabela 7 – Risco de toxicidade por sódio em água de irrigação.

Íon	Unidade	Restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira a Moderada	Severa
Sódio (Na)				
Irrigação superficial	RAS	<3	3 - 9	>9
Aspersão	meq L ⁻¹	<3	>3	

Fonte: Pizarro (1996)

Diretrizes para interpretação da qualidade da água para fins de irrigação, relacionando graus de restrições de uso com potenciais problemas provocados pela salinidade e redução da infiltração da água no solo, em função da condutividade elétrica da água (CE_{ai}), total de sais dissolvidos (TSD) e a RAS (Tabela 8).

Tabela 8 – Diretrizes para interpretação da qualidade das águas para irrigação.

Problema Potencial	Unidade	Grau de Restrição de Uso		
		Nenhuma	Ligeira a Moderada	Severa
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para o cultivo)				
CE _{ai}	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 – 0,3	>3,0
TSD	mg L ⁻¹	<450	450 - 2000	>2000
Infiltração (reduz a infiltração; avaliar usando a RAS ^o e a CE _{ai})				
RAS ^o = 0 – 3 e CE _{ai} =	dS m ⁻¹	>0,7	0,7 – 0,2	<0,2
= 3 – 6 e CE _{ai} =	dS m ⁻¹	>1,2	1,2 – 0,3	<0,3
= 6 – 12 e CE _{ai} =	dS m ⁻¹	>1,9	1,9 – 0,5	<0,5
= 12 – 20 e CE _{ai} =	dS m ⁻¹	>2,9	2,0 – 1,3	<1,3
= 20 – 40 e CE _{ai} =	dS m ⁻¹	>5,0	5,0 – 2,9	<2,9

Fonte: Ayres e Westcot, 1985.

1.10. Velocidade de infiltração da água no solo

O processo infiltração de água no solo é bastante complexo, podendo variar quantitativa e qualitativamente de acordo com as propriedades naturais do solo e da vegetação. O manejo do solo afeta a capacidade de infiltração à medida que interfere nas propriedades físicas do solo, nas condições de superfície e nos fatores naturais (BONO, 2012). O uso de intensivo de máquinas agrícolas e o pastejo pelo gado, são responsáveis pela compactação do solo, que reduz consideravelmente a infiltração de água (VILELA et al., 2003).

O manejo do solo afeta seus atributos naturais ora de forma negativa, ora de forma positiva. A vegetação é um fator muito importante para manutenção do solo e consequentemente influencia de forma direta na infiltração de água (BONO, 2012). O material vegetal em decomposição aumenta a permeabilidade porque o húmus formado funciona como material aglutinante.

1.10.1 Infiltração de água no solo

A infiltração de água no solo é o processo de entrada de água através da superfície do solo. Segundo Bernardo (1995), sob chuva ou irrigação contínua, a velocidade de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante. Esse valor constante que a velocidade de infiltração atinge com o passar do tempo é conhecido por velocidade de infiltração básica (VIB).

É esse parâmetro que vai indicar qual o comportamento de uma lamina de água sobre o solo em relação ao seu tempo para nela infiltrar.

O processo de infiltração ocorre porque a água da chuva ou da irrigação, na superfície do solo tem potencial total aproximadamente nulo e a água do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto mais seco estiver o solo. É estabelecido então um gradiente de potencial total, que é a soma dos potenciais gravitacional e matricial. No início da infiltração, quando o solo está relativamente seco, o potencial matricial é relativamente grande em relação ao potencial gravitacional. Ao longo do tempo de infiltração, com o umedecimento do solo e redução do potencial matricial, o gradiente de potencial total passa a ser igual ao potencial gravitacional (REICHARDT, 1987). Por isso o processo de infiltração é um processo desacelerado (REICHARDT, 1987; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; LIBARDI, 1995; ARAÚJO FILHO; RIBEIRO, 1996) que assume um valor constante após um determinado tempo, denominado de velocidade de infiltração básica (VIB).

O processo de infiltração depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores. RAWLS et al. (1996) classificam em quatro categorias os fatores que interferem a infiltração, sendo eles: os fatores ligados ao solo, que incluem a textura do solo (SILVA; KATO, 1997; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990), massa específica (SALES et al., 1999), teor de matéria orgânica, porosidade (PERROUX; WHITE, 1988; EVERTS; KANWAR, 1992) e tipo de argila e químicas, além da umidade (ARAÚJO FILHO; RIBEIRO, 1996), capacidade de retenção e a condutividade hidráulica. O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo.

Do ponto de vista físico, a estrutura do solo se apresenta tão importante quanto à textura, pois, solos argilosos bem estruturados podem mostrar maiores taxas de infiltração do que os com estrutura instável, que sofrem dispersão quando umedecidos ou submetidos a algum agente desagregador, em vista da estabilidade dos agregados ser determinada pelos chamados agentes cimentantes, que são representados principalmente pela matéria orgânica e pelos óxidos de Fe e Al. Dessa forma, à medida que aumenta a concentração destes componentes no solo, maior é a possibilidade do solo apresentar estrutura mais estável (SHAINBERG; LEVY, 1995; SILVA; KATO, 1997).

Booher (1974), Walker e Skogerboe (1987) e Bautista e Wallander (1993) escreveram que o dimensionamento adequado e os manejos dos sistemas de irrigação por

superfície requerem o conhecimento detalhado das características de infiltração da água no solo.

Segundo Reichardt (1987), o conhecimento desta variável é imprescindível para a elaboração de um projeto de irrigação, que tem como objetivo o de obter maior rendimento das culturas. A determinação da infiltração tem sido amplamente estudada e ainda não existe um parecer geral sobre qual é o melhor método para sua determinação. Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água, assim como, também a redistribuição é outro fenômeno importante (CARVALLO, 2000).

Com o conhecimento da infiltração de água no solo, podemos definir técnicas de conservação, drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo (GONDIM et al., 2010).

A determinação da VIB pode ser feita em nível de campo. O processo de infiltração de água no solo é dividido em várias partes, em que, inicialmente a VI é em função da umidade do solo, da cobertura do solo e outros fatores; no decorrer do processo, ela passa a ser em função da estrutura e textura do solo. Para efeito de dimensionamento de irrigação, geralmente se considera que a velocidade de infiltração é em função somente do tipo de solo, acarretando em erro de interpretação. Entretanto, na prática, esse erro não compromete o dimensionamento do projeto.

1.10.2. Velocidade de infiltração

A velocidade de infiltração nos solos diminui com o aumento do tempo de aplicação de água. Inicialmente, ela é relativamente alta, depois vai diminuindo gradativamente, até atingir um valor quase constante. Nesse ponto a variação da velocidade de infiltração é muito pequena, praticamente constante, ela é chamada de velocidade de infiltração básica (VIB).

Infiltração acumulada (I) é a quantidade total de água infiltrada durante determinado tempo. Ela é geralmente expressa em mm ou cm, referindo-se a altura da lâmina de água que infiltra no solo. A infiltração acumulada em função do tempo pode ser utilizada para se determinar o tempo necessário para infiltração de determinada quantidade de água, o que é de grande importância no dimensionamento do sistema de irrigação por superfície.

Em irrigação, tão importante quanto a VI é a VIB, que vai determinar se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor. Ela é a mais importante e deve ser levada em conta na escolha do emissor, principalmente nas irrigações por aspersão. O solo pode ser classificado de acordo com a velocidade de infiltração (Tabela 9).

Tabela 9- Classificação do solo do ponto de vista da velocidade de infiltração

Tipos de solo	VIB (cm h⁻¹)	VIB (mm h⁻¹)
Solo de VIB muito alta	> 3,0	>30
Solo de VIB alta	1,5 - 3,0	15 – 30
Solo de VIB média	0,5 - 1,5	5 - 15
Solo de VIB baixa	< 0,5	<5

Fonte: Barnardo et al., (2006)

1.10.3. Determinação da infiltração

Para a determinação da velocidade de infiltração (VI) deve-se considerar o padrão de infiltração em função do método de irrigação a ser utilizado (Tabela 10).

Tabela 10 - Sentido predominante da infiltração em relação ao tipo de irrigação realizada.

Tipo de irrigação	Sentido predominante da infiltração
Inundação e Aspersão	Vertical
Sulco	Vertical e Lateral
Microaspersão	Vertical
Gotejamento	Multidirecional

Fonte: Barnardo et al., (2006)

Existem vários métodos para determinação da VI de um solo. Diversos estudos comprovam que há diferença entre os resultados obtidos por esses diferentes métodos. Portanto, isso indica que todo método tem sua limitação, e que deve ser levado em consideração para a escolha do equipamento a ser utilizado para determinação da VIB. Assim deve ser avaliada criteriosamente antes da elaboração de projetos agrícolas e ambientais, evitando o mau dimensionamento e possíveis problemas de erosão ou contaminação.

Para realizar a escolha do método apropriado deve-se avaliar se o padrão de infiltração que o método contempla é o mesmo do sistema de irrigação a ser implantado. Além da precisão do método, também deve ser observado a praticidade de operação e

custos envolvidos para a recomendação de utilização de um determinado método (Tabela 11).

Tabela 11 - Método de determinação de infiltração em função do sistema de irrigação.

Métodos de irrigação	Método
Irrigação por aspersão e Inundação	Infiltrômetro de anel
Irrigação por sulco	Infiltrômetro de sulco
Irrigação Localizada	Nenhum (o enfoque é outro)

1.10.3.1. Descrição do Infiltrômetro de anel

É um equipamento composto por dois anéis, geralmente eles possuem 50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura, que são instalados de forma concêntrica enterrados 15 cm.

As leituras durante o teste de infiltração serão realizadas no anel interno, pois o anel externo tem a finalidade de bordadura, impedindo que a infiltração se processe no sentido lateral do solo.

Depois de instalados os anéis, colocam-se uma régua graduada na parede do anel interno e acrescenta-se água até uma altura de 5 cm. Após iniciar o teste de infiltração, deve-se repor a água infiltrada, observando para que a variação máxima seja de 2 cm e marcando-se o tempo e o rebaixamento do nível da água.

O teste será finalizado quando o gasto de água em função do tempo estabilizar, momento que se encontra a Velocidade de Infiltração Básica VIB.

É um método preciso, de baixo custo e prático, porém deve-se ter o cuidado de sincronizar as leituras das lâminas infiltradas, com os intervalos de tempo.

Os termos importantes utilizados são os seguintes:

I: Infiltração acumulada (mm ou cm)

VI: Velocidade de Infiltração instantânea (mm h⁻¹ ou cm h⁻¹)

$$VI = dI/dT$$

Via: Velocidade de Infiltração instantânea aproximada (mm h⁻¹ ou cm h⁻¹)

$$Via = \Delta I / \Delta T$$

2. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 300p. Irrigation and Drainage Paper 56, 1998.
- ALVES, E. J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 585 p, 1999.
- ALVES et al. **Planejamento de um plantio comercial**. In: Alves, E. J. (Coord.) A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2. Ed. Brasília, DF: EMBRAPASPI/Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, p. 261-290, 1999.
- AYRES, R. S.; WESTCOT. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper nº 29. Food and Agriculture organization of the United Nations, 1985. 174 p.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; et al. Infiltração de água em Cambissolos do Baixio do Irecê (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.1, p.263-370, 1996.
- ASSIS, R. L. de. Experiências e estratégias na inserção da adubação verde em sistemas de cultivo de hortaliças na Região Serrana Fluminense. **Circular Técnica 32**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, 2012.
- BARRETO, A. N. **Irrigação com bacias em nível**: um novo manejo. Fortaleza: EMEPA, 7P. Curso de irrigação da banana, 1992.
- BAUTISTA, J.; et al. **Numerical calculations of infiltration in furrow irrigation simulation models**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, New York, v.119, n. 2, p. 286-31, 1993.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV, 657 p, 1995.
- BERNARDO, S.; et al. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 625p, 2009.
- BERTONI, J; et al. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990.
- BONO, J. A. M.; et al. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.36, p.1845-1853, 2012.
- BOOHER, L. J. **Surface irrigation**. Rome: FAO, 160p. FAO, 1974.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46**, de 06 de outubro de 2011. Dispõem sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Brasília, 2011. Disponível em:
http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Produtos%20Fitossanit%C3%A1rios/Home/IN_46_Prod_Animal_e_Vegetal_Organica-revoga_IN_64.pdf. Acesso em: 16 set, 2016.

CAPORAL, F. R. **Bases para uma Política Nacional de Formação de Extensionistas Rurais**. Brasília, DF, p.55, 2009.

CARVALLO, H. O. G. **Física dos solos**. Campina Grande: UFPB, 2000.

COELHO, E. F. **Irrigação da bananeira**. Brasília, DF: Embrapa, 280 p, 2012.

COELHO FILHO, M. A.; et al. **Crescimento inicial da bananeira irrigada por diferentes sistemas de irrigação por microaspersão**. In. CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15, Teresina, PI, [Anais...], 2005.

COSTA, A. C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaita vermelha**. Lavras: UFLA, 2012. 69f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

CUNHA, J. L. X. L.; et al. Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.199-205, 2009.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; et al. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL EM FOLHAS DE BANANEIRA ‘PRATA-ANÃ’ ADUBADAS COM COMPOSTO ORGÂNICO. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 1, p. 109-112, Abril, 2006.

DANTAS, D. J. **Características agronômicas de bananeira em três ciclos de produção e reação de genótipos a *Cosmopolites sordidus* no Vale do Açu-RN**. 2010. 83f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Ciências Vegetais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2010.

EHLERS, E. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: **Livros da Terra**, p.178, 1996.

EIRAS et al. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista Científica Internacional Inter Science Place**. Campos dos Goytacazes -RJ. Ano 4, nº 17 Abril/junho – 2011.

EVERTS, C. J.; et al. Interpreting tension-infiltrometer data for quantifying soil macropores: some practical considerations. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 36, n.2, p.423-428, 1992.

FARIA, L. C.; et al. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.19-27, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Organization United Nations (ONU). **FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture**. Roma: FAO, 2013. 289 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>. Acesso em: 13 jun. 2014.

FRIZZONE, J. A.; et al. Produtividade do feijoeiro sob diferentes uniformidades de distribuição de água na superfície e na subsuperfície do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal. V.27, n.2, p.414-425, 2007.

GONDIM, T. M. S.; et al. Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo areno-argiloso. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v.4, n.1, p. 64-73, 2010.

GUERRA, A. G. **Banana**: Sistema de cultivo para o Vale do Açu no Rio Grande do Norte. Natal, RN: EMPARN, 54p, 2008.

GUERRA, A. G.; et al. **Tecnologias para o cultivo da bananeira**. Natal: EMPARN, 42p. v. 07 (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar), 2010.

GUERRA, A. G.; et al. **Prospecção tecnológica para o agronegócio da banana no Rio Grande do Norte**. Natal, RN: EMPARN, 64p, 2009.

HSIAO, T. C.; et al. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, n.25, p.209-231, 2007.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em: 16 de jan. 2016.

IFOAM. **Orgânicos em pleno crescimento**. Disponível em: <<http://www.organicnet.com.br/2013/04/ifoam-organicos-em-pleno-crescimento/>> Acesso em: 07 de julho de 2013.

Infiltração da água no solo. Disponível em: <http://www.barramentos.ufc.br/Hometiciana/Arquivos/Graduacao/Apostila_Hidrologia_grad/Cap_6_Infiltracao.pdf> . Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

JESUS, S. C. de; et al. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p. 315-323 , 2004 .

LARGE, A.; et al. Aproveitamento pelo trigo do nitrogênio residual da crotalária (*Crotalaria juncea*) e da uréia aplicado ao solo em cultivo precedente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1715-1720, set, 2009.

LAZCANO, C.; et al. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, v. 72, n. 04, p. 1013-1019, 2008.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 1.ed. Piracicaba, 497 p. 1995.

LUDWIG, R. **Dimensionamento da linha lateral utilizando dois espaçamentos entre gotejadores**. 2012. 66f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, 2012.

MANTOVANI, E. C.; et al. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 318p. 2006.

- MANTOVANI, E. C.; et al. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 358p. 2007.
- MANTOVANI, E. C.; et al. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 355p. 2009.
- MARQUES, E. S. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. In AgroStat Brasil, com dados da SECEX/MDIC, Brasília, 2013.
- MENDONÇA, V. **Fruticultura tropical: importância da fruticultura, poda das frutíferas, propagação de frutíferas – bananeira, mangueira, goiabeira, mamoeiro e cajueiro**. Mossoró: UFERSA, 563p. 2009.
- MENEZES, R. S. C.; et al. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4 p. 361-367, 2007.
- OLIVEIRA, A. N. P. de; et al. Yield of gherkin in response to doses of bovine manure. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 100-102, jan./fev. 2009.
- OLIVEIRA, S. L. Irrigação. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMP, p. 317-334. 1997.
- PERROUX, K. M.; et al. **Designs for disc permeameters**. Madison: Soil Science Society of America Journal, v.52, 1988.
- PIZARRO, F. **Risgos localizados de alta frecuencia (RLAF)**. Goteo, microaspersión y exudación. 3. ed. rev. y amp. Madrid: Mundi-Prensa. 513p, 1996.
- PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Compostagem e adubação orgânica**. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23208>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- RAO, M. R.; et al. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. **Crop Science**, Madison, 42(4): 1259-1263, 2002.
- RAWLS, W.J., et al. Infiltration. In: ASCE. **Hydrology Handbook**. 2.ed. New York. p.75-124. (ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, 28), 1996.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 188 p. 1987.
- ROBINSON, J. C.; et al. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International, 311p. (Crop production science in horticulturae series, 19), 2010.
- ROCHA, R. H. C.; et al. **Apostila de fruticultura geral**. Universidade Federal de Campina Grande: Pombal, 184p. 2014.

- SALES, L. E. O.; et al. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.
- SALMI, G. P.; et al. Dinâmica de decomposição de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.676-678. 2006.
- SANTOS, C. A. B. dos. **Consórcios de espécies de cobertura de solo para adubação verde antecedendo ao cultivo de milho e repolho sob manejo orgânico**. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – UFFRJ, Seropédica, RJ, 2009.
- SHAINBERG, I.; et al. **Infiltration and seal formation processes**. In: **Soil erosion, conservation, and rehabilitation**. New York: Ed. M. Agassi, Marcel Dekker, Inc., p.1-22, 1995.
- SILVA, C.L.; et al. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.32, n. 2, p. 213-220, 1997.
- SILVA, A. J. P. da; et al. Estimating water application efficiency by using TDR on drip irrigated. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.730-737, 2009.
- SILVA, I. C. da. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. **Revista geonorte**, Edição Especial, v.1, n.4, 2012.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: cultivo e comercialización**. 2. Ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprensa LIL, 674p. 1992.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización**. In: ESCUELA de Agricultura de la Región Tropical Hémida. Guácimo, Costa Rica, 1. CD-ROM. EARTH, 2008.
- SOUZA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidade de plantas em *Crotalaria juncea* antecedendo arroz**. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – UFRS, Mossoró, RN, 2011.
- TURNER, D. W.; et al. The physiology of banana (*Musa spp.*) fruit growth – factors that affect bunch initiation. In. REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN PARA LA COOPERACIÓN EM INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO INTEGRAL DE LAS MUSÁCEAS (BANANO Y PLÁTANO), 19 ACORBAT, 2010, Medellín, Colômbia. **Memoires – precedings....** p.291-296, 2010.
- VIDIGAL, S. M. et al. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 168-173, mar./abr. 2010.
- VILELA, L.; et al. Degradação de pastagens e indicadores de sustentabilidade, In: KLUTHCOUSKI, J.; et al. Integração Lavoura-pecuária, Goiânia: Embrapa- Arroz e Feijão, p.107-127, 2013.

WALKER, W.R.; et al. **Surface irrigation:** Theory and practice. New Jersey: Prentice-Hall, 386p. 1987.

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA BANANEIRA ORGÂNICA 'PACOVAN' EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO VALE DO AÇU-RN

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar sistemas de irrigação na produção de banana no Vale do Açu-RN, visando alternativas para que possam ser recomendados aos agricultores da região do Vale do Açu. O experimento foi realizado na área da Fazenda Escola do IFRN Campus Ipanguaçu, localizado no município de Ipanguaçu-RN. O ensaio foi conduzido por um período de três ciclos de produção, em delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas e cada tratamento com oito repetições, sendo representados por quatro sistemas de irrigação: aspersão, gotejamento, microaspersão e alternativo. As parcelas foram constituídas de oito plantas úteis com espaçamento em fileiras duplas 4 x 2 x 2 m; como bordadura, foi utilizada a mesma cultivar Pacovan. Foram avaliadas oito características relacionadas à produção. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No 1º ciclo de produção o sistema de irrigação por aspersão foi o que mostrou melhores resultados a produtividade da bananeira Pacovan; no 3º ciclo de produção o sistema de irrigação alternativo foi o que mostrou melhores resultados a produtividade da bananeira; a condutividade elétrica correlacionada com a razão de adsorção do sódio na água de irrigação, contribuíram para moderada limitação de uso.

Palavras-chave: Fruticultura, Agroecologia, Manejo de água, Adubação orgânica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate irrigation systems in banana production in Açú-RN, Valley seeking alternatives so that they can be recommended to farmers in the Açú Valley. The experiment was conducted in the area of Finance School IFRN Ipanguaçu Campus, located in the municipality of Ipanguaçu-RN. The test was conducted for a period of three production cycles in design of updated blocks with split plots and each treatment with eight replications, represented by four irrigation systems: sprinkling, drip, micro sprinkler and alternative or micro basins. The plots consisted of eight plants useful spacing in double rows 4 x 2 x 2 m; as surround, it used the same Pacovan. eight characteristics related to production were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and the means were compared by Tukey test at 5% probability. In the first production cycle, the sprinkler irrigation system showed the best results for the Pacovan banana yield; In the 3rd cycle of production the alternative irrigation system was the one that showed better results the productivity of the banana tree; The electrical conductivity correlated with the sodium adsorption ratio in irrigation water contributed to a moderate limitation of use.

Keywords: Fruit growing, Agro-ecology, Water management, Organic fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

A bananeira é cultivada em uma extensa região tropical em todo mundo, geralmente por pequenos produtores. No Brasil, a bananeira é explorada em todos os estados da federação, em diversos ecossistemas, tornando-o o quarto maior produtor, sendo a banana a sétima fruta mais exportada do país, com uma produção aproximada de 99.216 megagramas, gerando divisas no valor US\$ de 35,57 milhões, SECEX/MDIC (2013).

No Estado do Rio Grande do Norte, a produção de banana se concentra no Distrito Irrigado do Baixo Açu - DIBA e na empresa Del Monte, região compreendida entre os municípios de Assú, Ipanguaçu, Alto do Rodrigues e Carnaubais. A referida região é responsável por uma produção de 86 mil megagramas e o estado potiguar produz 171 mil megagramas, IBGE (2014).

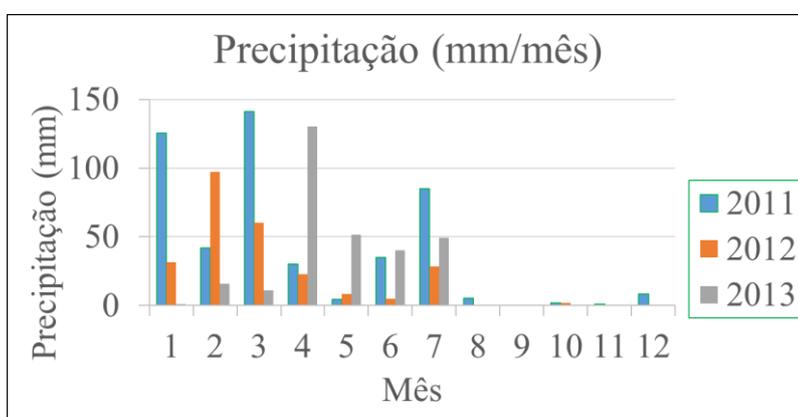
Com relação as cultivares de bananeiras exploradas no Vale do Açu-RN, destaca-se a cultivar Grand Naine do sub-grupo Cavendish, produzida em sua grande maioria, através da empresa Del Monte, cuja produção destina-se para o mercado externo; por outro lado, a cultivar Pacovan do sub-grupo Prata é cultivada por pequenos e médios produtores, principalmente no DIBA, cuja produção destina-se para atender o mercado local e regional, principalmente entre os Estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba.

São vários os desafios que se colocam à produção de banana no mundo, dentre eles o aspecto da segurança alimentar, no que concerne não só à quantidade produzida, mas também à qualidade dos frutos, principalmente sob o aspecto da exigência de produtos livres de agrotóxicos (SANTOS, 2010). Focado sob a ótica da temática agroecológica, este estudo considerou o cultivo de bananeira em base ecológica, propiciando não só um ambiente de pesquisa, mas também uma unidade de demonstração para estudantes e produtores(as) de banana da região.

O presente trabalho tem como objetivo analisar sistemas de irrigação na produção orgânica da bananeira na região do Vale do Açu-RN.

2. MATERIAL E MÉTODOS

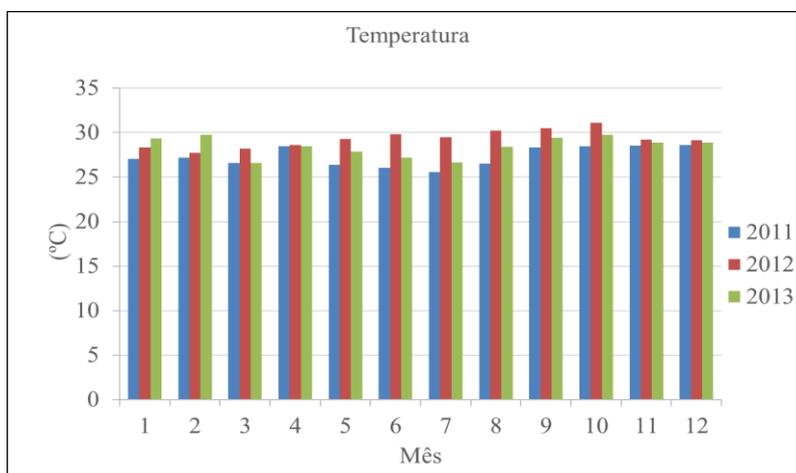
O experimento foi realizado na área da Fazenda Escola do IFRN Campus Ipanguaçu, localizada no município de Ipanguaçu-RN em solos Neossolos Flúvicos, com as coordenadas geográficas 5° 32' 0,85" de latitude Sul, longitude oeste de 36° 53' 1,11" figura 1, altitude média de 16 m e clima segundo a classificação de Koeppen, do tipo BSw^h, ou seja, quente e seco. Foram coletados dados mensais de precipitação, através da estação meteorológica automática do IFRN Campus Ipanguaçu, durante o período de 2011 a 2013 (Figura 1).



Fonte: Estação meteorológica do IFRN Campus Ipanguaçu

Figura 1. Precipitação mensal durante o período de 2011 a 2013.

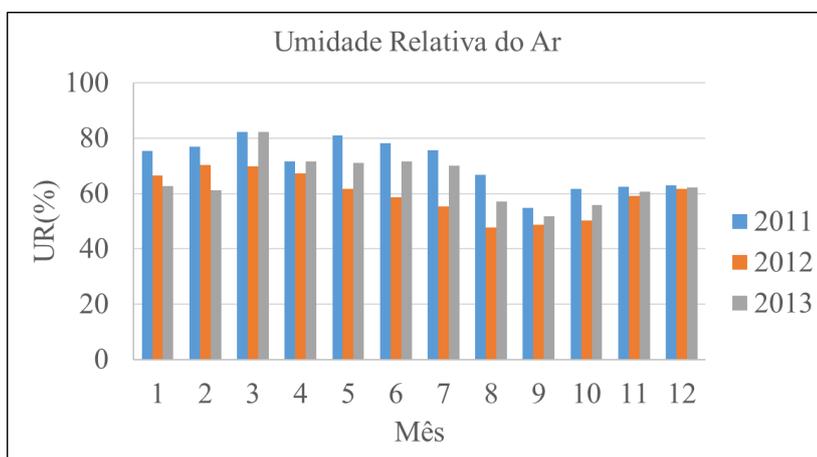
Dados mensais de temperatura, fornecidos através da estação meteorológica automática do IFRN Campus Ipanguaçu, durante o período de 2011 a 2013 (Figura 2).



Fonte: Estação meteorológica do IFRN Campus Ipanguaçu

Figura 2. Temperatura mensal durante o período de 2011 a 2013.

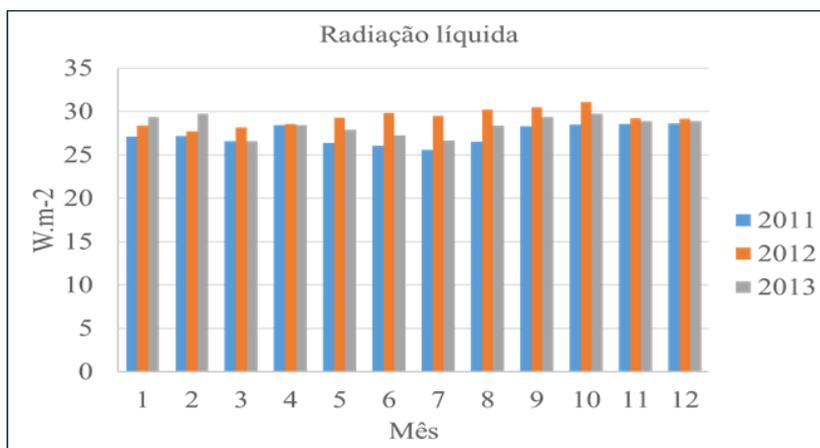
Dados mensais da umidade relativa do ar, fornecidos através da estação meteorológica automática do IFRN Campus Ipanguaçu, durante o período de 2011 a 2013 (Figura 3).



Fonte: Estação meteorológica do IFRN Campus Ipanguaçu

Figura 3. Umidade relativa do ar mensal durante o período de 2011 a 2013.

Dados mensais da radiação líquida, fornecidos através da estação meteorológica automática do IFRN Campus Ipangaçu, durante o período de 2011 a 2013 (Figura 4).



Fonte: Estação meteorológica do IFRN Campus Ipangaçu

Figura 4. Radiação líquida mensal durante o período de 2011 a 2013.

Amostras de solo de acordo com protocolos de amostragem (EMBRAPA 1997), coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm e analisadas quanto às características químicas durante o ano de 2010 (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo, realizado em Ago/2010.

Amostra	pH em água (1 : 2,5)	Al ⁺³	H + Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na	P
				cmolc kg ⁻¹				mg kg ⁻¹
0 a 20 cm	7,14	0	1,54	7,4	2,75	0,42	0,34	115
20 a 40 cm	7,62	0	1,05	6,87	3,1	0,2	1,51	90

Amostra	SB	CTC	V	M	PST	Argila	T
	cmolc kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹	%	%	%	g kg ⁻¹	cmolc kg ⁻¹
0 a 20 cm	10,91	12,45	87,63	0,00	2,73	532,00	23,40
20 a 40 cm	11,68	12,73	91,75	0,00	11,86	561,00	22,69

Onde:

SB – Soma de bas e; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; V – Saturação por bases (Eutrófico); m – Saturação por alumínio; PST – Percentagem de Sódio Trocável (20 a 40 cm – Solódico); T – Atividade da fração argila (Tb – argila de atividade baixa).

Amostras de solo de acordo com protocolos de amostragem (EMBRAPA 1997), coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm, de 20 a 40 cm e analisadas quanto às características químicas durante o ano de 2011 (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado da análise química do solo, realizado em Maio/2011.

Amostra	pH em água	Al ⁺³	H + Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na	P
	1 : 2,5	cmol _c kg ⁻¹						mg kg ⁻¹
0 a 20 cm	7,9	0	0	7,44	2,69	0,69	1,34	150
20 a 40 cm	7,57	0	0	8,75	3,25	0,59	1,3	123
Amostra	SB	CTC	V	M	PST	Argila	T	
	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	%	%	%	g kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	
0 a 20 cm	12,16	12,16	100,00	0,00	11,02	532,00	22,86	
20 a 40 cm	13,89	13,89	100,00	0,00	9,36	561,00	24,76	

Onde:

SB – Soma de bas e; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; V – Saturação por bases (Eutrófico); m – Saturação por alumínio; PST – Percentagem de Sódio Trocável (Solódico); T – Atividade da fração argila (Tb – argila de atividade baixa).

Amostras de solo de acordo com protocolos de amostragem (EMBRAPA 1997), coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e analisadas quanto às características químicas durante o ano de 2012 (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultado da análise química do solo, realizado na UFERSA em Maio/2012

Amostra	pH em água	Al ⁺³	H + Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	Na	P
	1 : 2,5	cmol _c kg ⁻¹						mg kg ⁻¹
Adubação verde R3	8,05	0	0	7	2,59	0,57	2,46	40,5
Adubação verde R1/R2	7,54			7,3	2,9	0,51	2,69	61,1
Composto orgânico R1/R2	7,97	0	0	7,2	2,7	0,49	2,65	70,7
	SB	CTC	V	m	PST	Argila	T	
	cmol _c kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	%	%	%	g kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	
Adubação verde R3	12,62	12,62	100,00	0,00	19,49	532,00	23,72	
Adubação verde R1/R2	13,4	13,4	100,00	0,00	20,07	532,00	25,19	
Composto orgânico R1/R2	13,04	13,04	100,00	0,00	20,32	561,00	23,24	

Observações:

SB – Soma de bas e; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; V – Saturação por bases (Eutrófico); m – Saturação por alumínio; PST – Percentagem de Sódio Trocável (Sódico nas três amostras); T – Atividade da fração argila (Tb – argila de atividade baixa); R1 – repetição 1; R2 – repetição 2; R3 – repetição 3.

Análise da água do poço amazonas que fornece água para o sistema de irrigação da bananeira (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado da análise da água do poço amazonas durante janeiro a abril de 2015.

Data amostra	pH	C.E. dS m ⁻¹	Na	Ca + Mg	RAS
			mmolc dm ⁻³		
20/01/2015	8,61	1,25	5,71	3,61	4,25
05/02/2015	7,40	1,21	7,31	3,61	5,44
12/03/2015	8,67	1,12	6,63	3,61	4,93
24/04/2015	7,56	1,14	4,06	3,61	3,02

Fonte: Laboratório de solos e água do IFRN Campus Ipangaçu

C3 – Água com salinidade alta (CE entre 0,75 e 2,25 dS m⁻¹); CEi da água de irrigação com moderado grau de restrição de uso (0,7 a 3,0 dS m⁻¹) – C3S1, Bernardo, (2009); RAS = 3 a 6 e CEi = 1,2 a 0,3, moderado grau de restrição de uso (AYERS E WESTCOT, 1985).

Os rizomas foram retirados de mudas selecionadas do tipo chifirão, realizado a limpeza e desinfecção, em seguida os rizomas foram divididos em pedaços com aproximadamente 1,0 kg e submetidos aos tratamentos culturais e fitossanitários em conformidade com o sistema de produção agroecológico. Primeiramente foi feito o tratamento hidrotérmico com água a 50° C durante 20 minutos, para o controle de larvas do moleque da bananeira e em seguida feito à imersão em hipoclorito de sódio, com diluição em água a 20%, durante 20 minutos, para o controle de bactérias. Os pedaços de rizomas após o tratamento foram plantados em sementeiras no viveiro de mudas com espaçamento 20 x 20 cm e com profundidade de 15 cm. A sementeira foi preparada com 80 litros m⁻² de composto e homogeneizada com areia. Após a brotação, as mudas foram colocadas em sacos de polietileno e ficaram no viveiro durante 3 meses para complementar a fase inicial de desenvolvimento vegetativo.

O preparo do solo foi realizado através de 02 (duas) gradagens cruzadas, visando o plantio dos adubos verdes, em seguida realizou-se a demarcação do terreno para identificação dos blocos e sub-divisão das 32 parcelas com dimensões 12 x 12 m, com o intuito de identificar as parcelas para o plantio dos adubos verdes no 1º ciclo (Tabela 5).

Tabela 5. Espécies vegetais utilizadas no plantio do coquetel para adubação verde. IFRN, Ipanguaçu-RN, 2010.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT. Kg ha ⁻¹	QUANT. (144 m ²)	QUANT (16 X 144 m)
1	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Kg	1	0,01	0,16
2	Crotalária (<i>C. juncea</i>)	Kg	10	0,14	2,24
3	Feijão de porco (<i>Canavalia ensiformis</i>)	Kg	1	0,01	0,16
4	Feijão macassar (<i>Vigna unguiculata</i>)	Kg	2	0,03	0,48
5	Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Kg	2	0,03	0,48
6	Feijão Guandu (<i>Cajanus cajan L. Millsp</i>)	Kg	10	0,14	2,24
7	Milheto (<i>Pennisetum Glaucum sp</i>)	Kg	10	0,14	2,24
8	Milho (<i>Zea mays L.</i>)	Kg	2	0,03	0,48
9	Mucuna Preta (<i>Stizolobium aterrimum</i>)	Kg	16	0,23	3,68
10	Sorgo (<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>)	Kg	3	0,04	0,64
TOTAL		Kg	57,00	0,82	12,80

O plantio dos adubos verdes foi realizado com sementes provenientes de 10 espécies vegetais, que após homogeneização foram semeadas em sulcos espaçados a cada 0,50 m, na dosagem de 34 gramas da mistura para cada fileira com 12 m.

Após 90 dias do plantio, período com predomínio de floração e início de frutificação dos adubos verdes realizou-se uma roçagem mecanizada e em seguida 02 (duas) gradagens cruzadas, visando à incorporação da adubação verde e da pastagem nativa na área para implantação do tratamento com composto orgânico; 15 dias após a incorporação dos adubos verdes realizou-se a distribuição a lanço com 1.000 kg ha⁻¹ de Farinha de rocha MB-4 e 500 kg ha⁻¹ do Biofertilizante Agrobom orgânico para adubação das parcelas com tratamento através do composto orgânico; em seguida realizou-se a demarcação e coveamento, identificando-se os blocos, parcelas e coveamento da parcela com espaçamento em fileira dupla 4 x 2 x 2 m, para posterior abertura dos berços com dimensões 40 x 40 x 40 cm e distribuição do composto a base de palha de carnaúba e esterco bovino.

A farinha de rocha MB-4 é um produto natural derivado de rochas previamente selecionadas e que dispõe dos nutrientes necessários para atender as exigências das plantas e da vida microbiana, produzindo lavouras bem nutridas, saudáveis e apropriadas ao consumo, sem pragas e doenças.

Benefícios da Adubação com a Farinha de Rocha MB-4: aumenta o Ph do solo; diminuição dos elementos tóxicos do solo; maior disponibilidade de nutrientes; melhor nutrição das plantas; libera gradualmente seus nutrientes; maior efeito residual do que os adubos químicos; maior absorção de fósforo; maior resistência mecânica das células; maior

resistência a praga e doenças; redução da transpiração; maior resistência a seca; maior desenvolvimento radicular; folhas mais erectas (gramíneas); maior perfilhamento (gramíneas); maior eficiência na fotossíntese; maior teor de açúcar (brix); melhor qualidade das sementes; plantas mais produtivas.

Composição ou Propriedades da Farinha de Rocha MB-4: o melhorador de solos MB-4 é composto de diversos silicatos, entre eles destacam-se os de magnésio, cálcio e ferro, que se apresentam acompanhados de fósforo, potássio e enxofre, além de vários micronutrientes, tais como: cobre, zinco, manganês, cobalto, etc. Como o MB-4 é proveniente de rochas silicáticas ele possui em sua composição química cerca de 48% de sílica, mineral tido como primordial na agricultura atual. Pois, quando a planta está bem nutrida com sílica, ela apresenta maior resistência ao ataque de pragas e doenças.

O elevado número de nutrientes contido no MB-4, quando aplicado, reage com a solução do solo liberando elementos essenciais ao desenvolvimento da vida microbiana do solo, elevando e diversificando a população desses seres invisíveis aos nossos olhos, que exercem um papel fundamental através de transformações químicas e equilíbrio biológico, favorecendo o desenvolvimento sadio, normal e equilibrado das plantas.

Biofertilizante Agrobom é um composto com a seguinte composição: N 23,1%, P 4,23%, K 34,37%, Ca 37,2, Mg 15,84% e S 4,57%.

Após o plantio dos adubos verdes, foi instalado um sistema de irrigação por aspersão convencional, com linha lateral móvel, para irrigação complementar durante o primeiro semestre de 2010.

Foi realizado o preparo de compostagem, com 50% de esterco bovino e 50% de palha de carnaúba, para adubação de fundação durante os meses de setembro a outubro de 2010, com dosagem de 10 litros por berço e homogeneizado com 20 cm de solo da camada superficial. As adubações em coberturas, foi realizadas semestralmente, na dosagem de 9 litros por touceira.

Posterior ao plantio e roçagem da adubação verde e preparo inicial do solo, realizou-se nova demarcação do terreno, com piqueteamento dos berços em fileira dupla 4 x 2 x 2 m, abertura das valas para montagem dos sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento, microaspersão e alternativo. A abertura dos berços no terreno no qual foi feita adubação verde, conseguiu-se fazer manualmente através das ferramentas boca de lobo, chibanca e pá, no entanto, no outro bloco, em virtude da compactação foi necessário realizar a abertura dos berços mecanizada com trator e trado na profundidade de 40 cm, com 40 cm de diâmetro. O sistema de irrigação foi instalado com 05 (cinco) sub-áreas, sendo que foi

instalado com um registro para irrigar 8 parcelas simultaneamente, exceto no sistema de irrigação alternativo, no qual foram instalados 02 (dois) registros visando equilibrar as vazões, para o dimensionamento hidráulico das tubulações.

As mudas passaram 3 meses na sementeira e foram repicadas para sacos de polietileno, permanecendo no viveiro por mais 4 meses. O plantio das mesmas para o local definitivo foi realizado durante o mês de março/2011.

Após 01 ano (março/2012), foi realizada uma adubação em cobertura com composto na dosagem de 9 litros por touceira. A partir do mês de novembro/2012 a cada 6 meses, foram realizadas adubações com esterco curtido, utilizando-se 9 litros por touceira. Referida dosagem corresponde a 10 megagramas $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, com aporte de 130 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio. Além da adubação com esterco curtido, a cada 90 dias foram realizadas roçagens das plantas companheiras para adubação em cobertura, juntamente com os restolhos culturais.

2.1 Tratamentos utilizados

Os tratamentos utilizados neste trabalho foram os seguintes:

- 1) Sistema de irrigação por gotejamento foi instalado com 02 linhas laterais para cada fileira de banana, com gotejadores instalados a cada 1,0 m e vazão de 2 L h^{-1} .
- 2) Sistema de irrigação por microaspersão foi instalado com 01 linha lateral para duas fileiras de banana, com microaspersores instalados no espaçamento 6 x 4 m e vazão de 55 L h^{-1} .
- 3) Sistema de irrigação por aspersão foi instalado com 01 linha lateral para cada parcela, com espaçamento 12 x 12 m e vazão de 597 L h^{-1} .
- 4) Sistema de irrigação alternativo foi instalado com 01 linha lateral para duas fileiras de banana, com espaçamento 6 x 2 m e vazão de 120 L h^{-1} .

O manejo da irrigação foi baseado nos dados da Estação Meteorológica Automática do IFRN Campus Ipanguaçu, no qual foi calculado a média quinzenalmente da Evapotranspiração de referência pelo Método de Penman-Monteith – FAO/56 (ALLEN et al., 1998) (Tabela 6).

Tabela 6 - Cálculo do manejo de irrigação para a segunda quinzena de setembro/2012.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	PARCELA/ SUB-ÁREA	VAZÃO/		Nº DE SUB- ÁREAS	ESPAÇ. ENTRE EMISS.	Nº DE LAT./ PARC.
		VAZÃO/ PARC. (m ³ h ⁻¹)	SUB- ÁREA (m ³ h ⁻¹)			
Alternativo 01	4	1,44	5,76	1	2,00	2
Alternativo 02	4	1,44	5,76	1	2,00	2
Microaspersão	8	0,3	2,4	1	4,00	2
Aspersão	8	0,597	4,776	1	12,00	1
Gotejamento	8	0,307	2,456	1	1,00	8

SISTEMA	Nº DE EMISS. LATERAL	Nº DE EMISS./ PARC.	VAZÃO/ EMISS. (L h ⁻¹)	VAZ./ PARC. (m ³ h ⁻¹)	VAZÃO/ SUB-ÁREA (m ³ h ⁻¹)	Eto (mm dia ⁻¹)
Alternativo 01	6	12	120	1,44	5,76	7,8
Alternativo 02	6	12	120	1,44	5,76	7,8
Microaspersão	3	6	55	0,33	2,64	7,8
Aspersão	1	1	597	0,597	4,78	7,8
Gotejamento	12	96	2	0,192	1,54	7,8

SISTEMA	Kc	Etc (mm dia ⁻¹)	P %	Etg mm dia ⁻¹	IRN (mm dia ⁻¹)	Ea %
Alternativo 01	1,1	8,58	100	7,8	8,58	85
Alternativo 02	1,1	8,58	100	7,8	8,58	85
Microaspersão	1,1	8,58	100	7,8	8,58	85
Aspersão	1,1	8,58	100	7,8	8,58	85
Gotejamento	1,1	8,58	100	7,8	8,58	85

SISTEMA	ITN (mm dia ⁻¹)	Volume requer (m ³)	Tempo de irr. calculado T1 (h)	Tempo de irr. ajustado T1 (h)
Alternativo 01	10,09	1,45	1,01	1,01
Alternativo 02	10,09	1,45	1,01	1,01
Microaspersão	10,09	1,45	4,40	4,40
Aspersão	10,09	1,45	2,43	2,43
Gotejamento	10,09	1,45	7,57	7,57

Onde:

Eto – Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Kc – Coeficiente de cultura; Etc – Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); P – Percentagem da área molhada (%); Ea – Eficiência de irrigação (%).

Considerou-se o coeficiente de cultivo (Kc) de 0,5, 0,85 e 1,1, para os Estádios I, II e III respectivamente, sendo o período do Estádio I compreendido entre a emergência até 10 % da cobertura da superfície do solo (CSS), o Estádio II de 10 % da CSS até 80 % da CSS e o Estádio III de 80 % da CSS até 100 % da CSS (inclusive frutos) (DOORENBOS e KASSAM, 1979). Considerou-se o Kc para os estágios de I a III, tendo em vista que os estádios IV e V, coincidem também com os estádios I, II e III dos filhos, então deve-se considerar a partir do estágio III por ser o maior Kc, para não causar déficit hídrico a cultura.

Para o manejo da irrigação, foi calculado o mesmo volume de água em todos os tratamentos dos respectivos sistemas de irrigação, para o mês de setembro de 2012 (Tabela 7).

Tabela 7. Manejo de irrigação adotado para a segunda quinzena de set/2012.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	HORÁRIO						
	7:00-7:30	7:30-8:00	8:00-9:30	9:30-13:00	13:00-13:30	13:30-14:00	14:00-15:00
Gotejamento	[Barra verde contínua]						
Alternativo 1	[Barra amarela]				[Barra amarela]		
Alternativo 2		[Barra azul]				[Barra azul]	
Aspersão			[Barra vermelha]				[Barra vermelha]
Microaspersão	[Barra marrom]			[Barra marrom]			

2.2. Delineamento estatístico

O experimento adotado foi o DBC – delineamento em blocos casualizados com parcelas sub-divididas, sendo os blocos sub-divididos em quatro parcelas (sistemas de irrigação) e cada parcela com oito repetições e utilizando teste de Tukey com 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

2.3. Características agronômicas avaliadas

As características agronômicas avaliadas durante 3 ciclos de produção da banana foram: massa do cacho (kg); número de pencas; número de frutos por cacho; massa média das pencas (kg); diâmetro do fruto da segunda penca (cm); comprimento do fruto da segunda penca (cm); massa média de frutos (g); produtividade média (kg ha⁻¹).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro ciclo de produção da bananeira ‘Pacovan’, os caracteres agronômicos avaliados massa do cacho, massa média das pencas, massa média dos frutos e produtividade apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre os sistemas de irrigação (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores médios de massa do cacho (MC); nº de pencas (NP); nº de frutos por cacho (NFC); massa média das pencas (MMP); diâmetro do fruto da segunda penca (DF2P); comprimento do fruto da segunda penca (CF2P); massa média de frutos (MMF); produtividade média (Prod), Ipanguaçu-RN, 2012 - 2013.

Sistemas Irrigação	Características avaliadas							
	MC Kg	NP Unid.	NFC Unid.	MMP Kg	DF2P Cm	CF2P Cm	MMF g	Prod. Kg ha ⁻¹
Aspersão	14,55 ^a	6,90	88,64	1,88 ^a	3,46	15,40	151,25 ^a	24.240,30 ^a
Gotejo	13,71 ^a	6,93	90,32	1,76 ^{ab}	3,33	15,03	137,50 ^{ab}	22.840,86 ^a
Micro	11,83 ^{ab}	6,86	86,77	1,51 ^b	3,30	14,08	122,50 ^b	19.708,78 ^{ab}
Alternativo	9,52 ^b	6,17	77,13	1,32 ^b	3,20	13,91	112,50 ^b	15.662,57 ^b
Média	12,40 ^{**}	6,72 ^{ns}	85,72 ^{ns}	1,62 [*]	3,32 ^{ns}	14,61 ^{ns}	130,94 ^{**}	20.662,57 ^{**}
CV	20,23	3,02	6,09	20,33	6,97	8,95	16,92	20,23

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey (P<0,05).

CV: Coeficiente de variação.

No segundo ciclo de produção da bananeira ‘Pacovan’, os caracteres agronômicos avaliados não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre os sistemas de irrigação (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores médios de massa do cacho (MC); nº de pencas (NP); nº de frutos por cacho (NFC); massa média das pencas (MMP); diâmetro do fruto da segunda penca (DF2P); comprimento do fruto da segunda penca (CF2P); massa média de frutos (MMF); produtividade média (Prod), Ipanguaçu-RN, 2013 - 2014.

Sistemas Irrigação	Características avaliadas							
	MC Kg	NP Unid.	NFC Unid.	MMP Kg	DF2P Cm	CF2P Cm	MMF G	Prod. Kg ha ⁻¹
Aspersão	13,46	6,95	93,88	1,55	3,28	16,58	115,00	22.424,36
Gotejo	12,19	7,06	95,65	1,69	3,48	16,99	122,50	20.308,54
Micro	12,09	6,73	88,90	1,33	3,10	15,79	105,00	20.141,94
Alternativo	10,38	7,12	95,86	1,51	3,32	16,43	112,50	17.293,08
Média	12,03 ^{ns}	6,97	93,57 ^{ns}	1,52 ^{ns}	3,30 ^{ns}	16,45 ^{ns}	113,75 ^{ns}	20.041,98 ^{ns}
CV	23,60	2,95	4,68	20,72	10,67	7,12	18,65	23,60

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey (P<0,05)

CV: Coeficiente de variação

No terceiro ciclo de produção da bananeira ‘Pacovan’ observou-se que apenas a variável número de frutos por cacho (NFC) apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, nos sistemas de irrigação por aspersão, gotejamento, microaspersão e alternativo, não diferiram estatisticamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios de massa do cacho (MC); nº de pencas (NP); nº de frutos por cacho (NFC); massa média das pencas (MMP); diâmetro do fruto da segunda penca (DF2P); comprimento do fruto da segunda penca (CF2P); massa média de frutos (MMF); produtividade média (Prod), Ipanguaçu-RN, 2014 - 2015.

Sistemas Irrigação	Características avaliadas							
	MC Kg	NP Unid.	NFC Unid.	MMP Kg	DF2P Cm	CF2P cm	MMF g	Prod. Kg ha ⁻¹
Aspersão	14,17	7,29	101,60 ^{ab}	1,75	3,26	17,26	135,00	23.607,22
Gotejo	12,83	6,94	94,66 ^{ab}	1,66	3,29	17,01	122,50	21.374,78
Micro	11,19	6,86	89,59 ^b	1,43	3,16	16,29	117,50	18.642,54
Alternativo	13,98	7,38	102,76 ^a	1,71	3,29	17,11	123,75	23.290,68
Média	13,04 ^{ns}	7,12 ^{ns}	97,15 ^{**}	1,64 ^{ns}	3,25 ^{ns}	16,92 ^{ns}	124,69 ^{ns}	21.728,81 ^{ns}
CV	20,39	3,62	4,94	17,47	4,63	6,00	20,03	20,39

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey (p<0,05).
CV: Coeficiente de variação

As médias gerais dos caracteres de produção da bananeira durante 03 (três) ciclos foi observado que não houve diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 11).

Tabela 11 - Média geral dos caracteres avaliados na produção: massa do cacho (MC); nº de pencas (NP); nº de frutos por cacho (NFC); massa média das pencas (MMP); diâmetro do fruto da segunda penca (DF2P); comprimento do fruto da segunda penca (CF2P); massa média de frutos (MMF); produtividade média (Prod), Ipanguaçu-RN, 2012 - 2015.

Ciclos	Características avaliadas							
	MC Kg	NP Unid.	NFC Unid.	MMP Kg	DF2P cm	CF2P Cm	MMF G	Prod. Kg ha ⁻¹
Ciclo I	12,40	6,72	85,72	1,62	3,32	14,61	130,94	20.662,57
Ciclo II	12,03	6,97	93,57	1,52	3,30	16,45	113,75	20.041,98
Ciclo III	13,04	7,12	97,15	1,64	3,25	16,92	124,69	21.728,81
Médias	12,70 ^{ns}	6,94 ^{ns}	92,15 ^{ns}	1,60 ^{ns}	3,29 ^{ns}	16,00 ^{ns}	123,13 ^{ns}	20.811,7 ^{ns}
CV (%)	4,10	2,93	6,35	3,95	1,11	7,64	7,07	4,10

Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Tukey (p<0,05).
CV: Coeficiente de variação

Os sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento, apresentaram parâmetros de produção ligeiramente superiores aos sistemas de irrigação por microaspersão e principalmente o sistema alternativo, justifica-se por possibilitar maior fator de molhamento, contribuindo para acelerar a decomposição dos restolhos da colheita e roço das plantas companheiras, favorecendo também maior desenvolvimento das raízes e maior

eficiência no aporte de nutrientes, sendo isso inversamente proporcional para os sistemas de irrigação por microaspersão e alternativo.

Os sistemas de irrigação por microaspersão e alternativo apresentaram resultados ligeiramente inferiores aos demais, pelo fato de restringir o fator de molhamento do solo, contribuindo para diminuir a decomposição dos restos da cultura e roço das plantas companheiras, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular e menor aporte de água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento da cultura.

Os resultados de produtividade encontrados neste trabalho são muito superiores aos encontrados por Fernandes et al. (2008), que avaliando a produtividade da bananeira 'Prata Anã' irrigada com sistema de gotejamento com duas linhas laterais por fileira de planta por dez anos, alcançou valores médios de produtividade de 18,2 Mg ha⁻¹. Contudo corroboram com o que afirma Nunes et al. (2008), relatando que as produtividades desta bananeira em condições de cultivo convencional, altamente tecnificados, com uso intenso de fertilizantes e controle sistemático de pragas e doenças podem ultrapassar 30 Mg ha⁻¹.

Pereira et al. (2000), avaliando o crescimento e produção da bananeira 'Prata Anã', no sistema convencional, irrigada por microaspersão no primeiro ciclo em diferentes espaçamentos, alcançou uma produtividade de 29,1 Mg ha⁻¹. Os autores obtiveram número de pencas superiores (9 pencas) diferindo deste trabalho onde se obteve em média 6,86 pencas. Outra variável que se apresentou com resultados diferentes foi massa do cacho com 11,71 kg (média de microaspersão dos 3 ciclos), enquanto os autores obtiveram massa de cacho com 18,1 Kg podendo ser explicado pelo diferente tipo de solo e condições climáticas.

A massa do cacho, no primeiro ciclo e o número de pencas, no terceiro ciclo, foram maiores em plantas cultivadas no sistema de aspersão, comparados aos de plantas sob gotejamento. Assim, depreende-se que a variabilidade desses caracteres não é só genética, mas também de natureza ambiental (ORTIZ, 1995; ORTIZ; VUYLSTEKE, 1998) e de manejo, neste caso, representados pelos sistemas de irrigação.

Os maiores valores quanto às características vegetativas e de rendimento, constatados sob aspersão, em comparação ao gotejamento, podem advir da maior área molhada, possibilitada por aqueles sistemas, diferentemente do gotejamento (COSTA et al., 2008), que proporciona maior distribuição do sistema radicular e, assim, influencia o crescimento e desenvolvimento da planta (DONATO et al.; SANT'ANA, 2010).

Sant'ana (2010) avaliou a distribuição do sistema radicular e a extração de água pela bananeira 'Prata-Anã', nas fases de florescimento do primeiro ciclo e final do

crescimento dos frutos do primeiro e do segundo ciclo, verificaram que a maior densidade de comprimento radicular das plantas sob gotejamento e menor profundidade efetiva naquelas sob microaspersão e aspersão, o que indica que estes sistemas proporcionam maior área com disponibilidade de água superficial, enquanto o gotejamento disponibiliza água no solo a profundidades maiores, o que facilita o aprofundamento radicular.

A qualidade da água de irrigação também contribuiu para a redução da produtividade da bananeira, principalmente a condutividade elétrica (CE) com valores entre 1,12 e 1,25 dS m⁻¹, classificada como C3 - água de salinidade alta (AYRES; WESTCOT, 1985) e a razão de adsorção de sódio (RAS) (Tabela 12).

Tabela 12. Resultado da análise da água do poço amazonas

Data amostra	pH	C.E. dS m ⁻¹	RAS	Na	Ca + Mg
				mmolc dm ⁻³	
20/01/2015	8,61	1,25	4,25	5,71	3,61
05/02/2015	7,40	1,21	5,44	7,31	3,61
12/03/2015	8,67	1,12	4,93	6,63	3,61
24/04/2015	7,56	1,14	3,02	4,06	3,61

Valores da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) entre 3 e 6 e Condutividade Elétrica (CE) entre 1,2 e 0,3, provoca redução na infiltração da água no solo, contribuindo para ligeiro ou moderado grau de restrição de uso da água de irrigação.

Considerando a toxicidade do sódio (Na) com valores da RAS entre 3,02 e 5,44, verifica-se que acarreta ligeiro ou moderado grau de restrição de uso na água de irrigação.

4. CONCLUSÕES

- No 1º ciclo de produção as avaliações do sistema de irrigação por aspersão foi o que mostrou melhores resultados a produtividade da bananeira Pacovan.
- No 3º ciclo de produção as avaliações do sistema de irrigação alternativo foi o que mostrou melhores resultados a produtividade da bananeira Pacovan.
- A condutividade elétrica correlacionada com a razão de adsorção do sódio na água de irrigação, contribuíram para moderada limitação de uso.

5. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 300p. Irrigation and Drainage Paper 56, 1998.
- AYRES, R. S.; WESTCOT. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper nº 29. Food and Agriculture organization of the United Nations, 1985. 174 p.
- BERNARDO, S.; et al. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 625p, 2009.
- COSTA, E. L. et al. Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 245, p. 38-46, 2008.
- DONATO, S. L. R.; et al. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.45, n.9, p.980-988, 2010.
- DOORENBOS, J.; et al. **Yield response to water**. FAO. Irrig. and Drain. Paper 33, 1979, 193p.
- FERNANDES, L.A.; et al. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1575-1581, 2008.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em: 16 de jan. 2016.
- MARQUES, E. S. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. In AgroStat Brasil, com dados da SECEX/MDIC, Brasília, 2013.
- NUNES, W. A. G. de A.; et al. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.7, p.227-236, 2008.
- ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 1, p. 63-69, 1995.
- ORTIZ, R.; VUYLSTEKE, D. Quantitative variation and phenotypic correlations in banana and plantain. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 72, n. 3-4, p. 239-253, 1998.
- PEREIRA, M. C. T.; et al. Crescimento e produção de primeiro ciclo da bananeira prata anã (AAB) em sete espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n. 7, p. 1377-1387, 2000.

SANT'ANA, J. A. V. do. **Distribuição de raízes de bananeira no solo irrigado por diferentes sistemas de irrigação em condições semi-áridas.** 2011. 79 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)-Universidade Federal de Lavras, 2010.

SANTOS, S. C. L. **Pesquisa participativa na avaliação de armadilhas e controle populacional de *Cosmopolites sordidus*.** 2010. 140 f.: il. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010.

CAPÍTULO II

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM NEOSSOLOS FLÚVICOS SOB SISTEMAS DE MANEJOS NA REGIÃO DO VALE DO AÇU-RN

RESUMO

Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração de água no solo é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água e quantificar a parcela de chuva ou lâmina de irrigação que não infiltra no solo, ocasionando o escoamento superficial. O trabalho tem como objetivo avaliar a infiltração acumulada e velocidade com que a água infiltra no solo, mediante diferentes sistemas de manejos do solo e vegetação. Através do método do infiltrômetro de anel realizou-se testes de infiltração acumulada e velocidade de infiltração em diferentes sistemas de manejos, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus Ipanguaçu, localizado na comunidade Base Física, município de Ipanguaçu, em neossolos flúvicos. Apesar dos tratamentos apresentarem diferenças significativas, verifica-se que no sistema de produção em bases ecológicas ocorreram melhorias das características físicas do solo, já que o uso dos mesmos propiciaram uma aproximação das taxas de Infiltração Acumulada e Velocidade de Infiltração, com a infiltração da mata nativa, que no caso diminuíram as ações antrópicas do homem na busca da produção de forma sustentável. Independente do método de análise a infiltração acumulada foi superior nas áreas com mata nativa e adubadas com composto orgânico. A infiltração acumulada e a velocidade de infiltração nos solos cultivados sob manejo com adubação orgânica, foram prejudicadas em função do alto teor de sódio no solo.

Palavras-chave: Manejo do solo, Sistema orgânico, Qualidade do solo, Física do solo.

ABSTRACT

Among the physical properties of the soil, the infiltration of water into the soil is one of the most important when studying phenomena that are linked to the movement of water and quantify the amount of rain or irrigation blade that does not infiltrate the soil, causing surface runoff. The objective of this work is to evaluate the accumulated infiltration and speed with which the water infiltrates the soil, through different systems of soil management and vegetation. Through the ring infiltrator method, tests of accumulated infiltration and velocity of infiltration in different management systems were performed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Norte - Campus Ipanguaçu, located in the Physical Base community, municipality of Ipanguaçu, in fluvial nuclei. Although the treatments presented significant differences, it was verified that in the production system in ecological bases improvements of the physical characteristics of the soil occurred, since the use of the same propitiated an approximation of the rates of Infiltration Infiltration and Speed of Infiltration, with the infiltration of the forest Native, which in the case diminished man's anthropic actions in the pursuit of sustainable production. Regardless of the method of analysis, accumulated infiltration was higher in areas with native forest and fertilized with organic compost. The accumulated infiltration and the rate of infiltration in the soils cultivated under management with organic fertilization, were impaired due to the high sodium content in the soil.

Keywords: Soil management, Organic system, Soil quality, Soil physics.

1. INTRODUÇÃO

Sabendo que a infiltração de água no solo é o processo de entrada de água através da superfície para o interior do solo, pode-se definir também como sendo o fenômeno de penetração da água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movendo-se para baixo, através de vazios, sob a ação da gravidade, até atingir uma camada suporte que a retém, formando então a água do solo. É um fenômeno que depende da água disponível para infiltrar, da natureza do solo, do estado da superfície, das quantidades de água e ar, inicialmente presentes no seu interior, da inclinação do terreno, e da cobertura vegetal. À medida que a água infiltra pela superfície, as camadas superiores do solo vão se umedecendo de cima para baixo, alterando gradativamente o perfil de umidade (CECÍLIO et al., 2013).

O teste de infiltração é imprescindível para a elaboração de um projeto de irrigação com objetivo de obter maior rendimento das culturas. Entre as propriedades físicas do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao movimento de água e quantificar a parcela de chuva e a lâmina de irrigação que não infiltra no solo, ocasionando o escoamento superficial (CECÍLIO et al., 2013).

O conhecimento da capacidade de infiltração de água no solo e suas relações com as propriedades do solo são de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água (REICHARDT; TIMM, 2004). Existem diferentes fatores que interferem na infiltração de água no solo, como teor de matéria orgânica, compactação pelo uso intensivo de mecanização e super pastejo, tomando-se suscetíveis à perda por erosão, Lal (1984), bem como apresentar redução na sua permeabilidade (FREITAS JÚNIOR; LUCHIARI JÚNIOR, 1994).

Vários modelos matemáticos são utilizados para descrever o processo de infiltração de água do solo, destacando-se os de Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton, Holtan, Green e Ampt e Philip (BRANDÃO et al., 2004). Fabian e Ottoni Filho (1997) testaram os modelos de Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Philip e Horton em dados de infiltração coletados com infiltrômetro de anéis e concluíram que todos ajustaram adequadamente os valores de infiltração obtidos, à exceção do modelo de Horton (BONO et al., 2012).

Buscando identificar a influência de sistemas de manejos na infiltração de água no solo, Bono (2012) obteve infiltração estável de água no solo ao longo dos sete anos, para o manejo do solo com vegetação nativa.

A infiltração de água no solo se modifica expressivamente com o sistema de manejo, com a época de aplicação e com a intensidade e duração da chuva ou irrigação (BERTOL, 2015).

A cobertura vegetal melhora as características físicas do solo, aumenta a porosidade e agregação do solo, contribuindo para maior infiltração básica de água (ESPINDOLA, 2004). Wutke et al. (2000) relatam que a velocidade de infiltração básica de água foi incrementada em solo submetido à rotação de feijoeiro com milho e leguminosas como *Crotalaria juncea* e mucuna preta (*Mucuna aterrima*).

Trabalho sobre infiltração de água em Argissolo Vermelho distrófico típico, após a colheita da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob chuva simulada, através da realização de sistemas de manejo do solo, constatou que no cultivo mínimo a taxa de infiltração final foi de 54 mm h⁻¹, enquanto que nos sistemas de plantio direto e preparo convencional, com até 3 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal na superfície, a taxa de infiltração foi próxima de 17 mm h⁻¹ (SANTOS, 2014). O estudo mostra que nos sistemas de manejos com plantio direto e preparo convencional a taxa de infiltração é menor que no cultivo mínimo, no entanto, existe correlação positiva entre cobertura vegetal e taxa de infiltração de água.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a infiltração acumulada e velocidade com que a água infiltra no solo, mediante diferentes sistemas de manejos do solo e vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área utilizada para o experimento está localizada no IFRN Campus Ipanguaçu, no município de Ipanguaçu, Estado do Rio Grande do Norte, nas coordenadas geográficas latitude sul 5° 29' 52,8", longitude oeste de 36° 51' 18" e altitude média de 16 m.

O solo foi classificado como Neossolos Flúvicos, apresentando boa profundidade, relevo plano, textura franco arenosa, alta fertilidade natural e drenagem moderada a deficiente (EMBRAPA, 2013).

2.1. Delineamento estatístico

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso distribuídos em três tratamentos e quatro repetições. Utilizou-se tratamentos com adubação verde, adubação com composto orgânico e mata nativa, sem adubação. A adubação verde foi realizada em março de 2010 (antecedendo ao plantio da bananeira) através de coquetel com 10 espécies vegetais, sendo utilizado arroz (*Oryza sativa*), crotalária (*C. juncea*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão macassar (*Vigna unguiculata*), girassol (*Helianthus annuus*), feijão guandu (*Cajanus cajan L. Millsp*), milheto (*Pennisetum Glaucum sp*), milho (*Zea mays L.*), mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) e sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*), as quais foram incorporadas ao solo após 90 dias, período em que a maioria das espécies encontravam-se na fase de floração e início de frutificação. A compostagem utilizada foi preparada à base de 50% de esterco bovino e 50% de palha de carnaúba. Na mata nativa predomina a vegetação com algarobeiras em pousio há mais de 10 (dez), plantas espontâneas arbustivas, semi-arbusivas e pastagens nativas.

2.2. Manejo com a cultura da bananeira

Numa parcela foi efetuado o plantio com coquetel de adubos verdes em 2010 e durante o período da floração realizou-se uma roçagem e uma gradagem superficial para incorporação da biomassa. Em outra parcela do tratamento foi realizado a abertura dos berços (covas) com profundidade de 40 cm e diâmetro de 40 cm e adubação de fundação com 9 litros de composto curtido.

Na parcela cujo tratamento é o composto orgânico, foi realizado uma adubação em cobertura durante o mês de setembro de 2010, com 10 litros por berço e outra em outubro de 2011 na dosagem de 5 litros em cada berço.

As duas parcelas adubadas com adubos verdes e composto orgânico, foram plantadas com mudas de bananeiras da variedade pacovan, durante os meses de novembro e dezembro de 2010 e durante o mês de março de 2011 foi realizado uma aplicação a lanço com pó de rocha MB4 e fosfato orgânico, na dosagem de 1000 kg ha⁻¹ e 500 kg ha⁻¹, respectivamente.

A farinha de rocha MB-4 é um produto natural derivado de rochas previamente selecionadas e que dispõe dos nutrientes necessários para atender as exigências das plantas e da vida microbiana, produzindo lavouras bem nutridas, saudáveis e apropriadas ao consumo, sem pragas e doenças.

Benefícios da Adubação com a Farinha de Rocha MB-4: aumenta o Ph do solo; diminuição dos elementos tóxicos do solo; maior disponibilidade de nutrientes; melhor nutrição das plantas; libera gradualmente seus nutrientes; maior efeito residual do que os adubos químicos; maior absorção de fósforo; maior resistência mecânica das células; maior resistência a praga e doenças; redução da transpiração; maior resistência a seca; maior desenvolvimento radicular; folhas mais erectas (gramíneas); maior perfilhamento (gramíneas); maior eficiência na fotossíntese; maior teor de açúcar (brix); melhor qualidade das sementes; plantas mais produtivas.

Composição ou Propriedades da Farinha de Rocha MB-4: o melhorador de solos MB-4 é composto de diversos silicatos, entre eles destacam-se os de magnésio, cálcio e ferro, que se apresentam acompanhados de fósforo, potássio e enxofre, além de vários micronutrientes, tais como: cobre, zinco, manganês, cobalto, etc. Como o MB-4 é proveniente de rochas silicáticas ele possui em sua composição química cerca de 48% de sílica, mineral tido como primordial na agricultura atual. Pois, quando a planta está bem nutrida com sílica, ela apresenta maior resistência ao ataque de pragas e doenças.

O elevado número de nutrientes contido no MB-4, quando aplicado, reage com a solução do solo liberando elementos essenciais ao desenvolvimento da vida microbiana do solo, elevando e diversificando a população desses seres invisíveis aos nossos olhos, que exercem um papel fundamental através de transformações químicas e equilíbrio biológico, favorecendo o desenvolvimento sadio, normal e equilibrado das plantas.

Biofertilizante Agrobom é um composto com a seguinte composição: N 23,1%, P 4,23%, K 34,37%, Ca 37,2, Mg 15,84% e S 4,57%.

Na mata nativa predomina a algarobeira, algumas espécies de plantas arbustivas como, feijão bravo, mutamba, catamduva, etc., espécies de plantas sub-arbustivas como, flor de seda e pastagens nativas como, gitirana, milhã, etc. Referida área foi explorada com pecuária extensiva, mas a partir de 2008 encontra-se sob pousio, isolada de quaisquer atividade agrosilvopastoril.

Na área manejada através da adubação com compostagem, vem sendo cultivada com bananeira, na qual foi realizada uma adubação de fundação (2008) através de compostagem na dosagem de 10 litros por berço com composto à base de 50% de esterco bovino e 50% de palhas de carnaubeira; a irrigação vem sendo realizada com água classificada como C3S2

A colheita da bananeira iniciou-se em janeiro de 2012 e os restos culturais do pseudo caule e folhas ficaram no solo na forma de cobertura morta. Após o início do período da colheita, uniformizou-se a dosagem de adubação em ambas as parcelas, aplicando-se a lanço, 9 litros de esterco curtido por touceira/semestre.

O tratamento experimental mata nativa é formada por uma mata que está em pousio há mais de 10 (dez), com vegetação predominante de algarobeira e plantas espontâneas arbustivas, semi-arbusivas e pastagens nativas.

2.3. Determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração de água no solo

Os testes para determinação da infiltração de água no solo foram desenvolvidos durante o meses de julho a setembro de 2013, período em que a cultura da bananeira estava encerrando o primeiro ciclo da colheita e se iniciando o segundo ciclo. Os solos correspondentes aos tratamentos das parcelas experimentais adubadas com o composto e com adubação verde apresentavam-se totalmente cobertos com os restos culturais do pseudo caule e folhas.

A infiltração de água no solo foi determinada pelo método do infiltrômetro de duplo anel. Os anéis foram cravados no solo por percussão, de forma concêntrica; o anel interno com diâmetro de 0,31 m e 0,32 m de altura foi cravado no solo até 0,10 m, e o externo de 0,50 m de diâmetro e 0,27 m de altura, foi cravado so solo até 0,05 m. Para regular a entrada de água nos anéis e manter a mesma carga hidráulica no anel interno, adaptou-se uma estrutura de madeira e boias (Figura 1).



Fonte: O próprio autor no local do experimento, ago/2013

Figura 1 - Instalação do cilindro infiltrômetro com anéis.

Foi utilizado também, um cilindro auxiliar com diâmetro de 23,5 cm e com 1,30 m de altura, que forneceu a água para o cilindro inferior, com uma mangueira e uma boia, para não precisar ficar realizando o abastecimento do cilindro interno, pois à medida que a lâmina de água foi infiltrando, o cilindro auxiliar com boia reabastecia. O cilindro auxiliar foi colocado sobre um suporte com 0,50 m de altura, visando proporcionar a descida da água pela força da gravidade. Na lateral do cilindro auxiliar foi instalado uma régua para realizar as leituras das lâminas infiltradas, lembrando de que no fim do teste, a lamina de água foi corrigida para o diâmetro do cilindro interno, pois apresentam diâmetros diferentes.

No cilindro interno foi colocado um plástico inicialmente, para poder adicionar água e manter uma carga hidráulica de 5 cm, mantendo-se também a mesma altura de água no cilindro externo e completar o cilindro auxiliar até estabilizar a infiltração. O teste de infiltração teve uma duração de 2:50 horas (170 minutos), iniciando-se a primeira leitura com 4 minutos, em seguida foram realizadas oito leituras a cada 5 minutos e por último, realizou-se treze leituras a cada 10 minutos até estabilizar a infiltração. É importante ressaltar sobre a necessidade de sempre reabastecer o cilindro externo para que a infiltração interna não sofra as interferências já mencionadas (Figuras 2 e 3).



Fonte: O próprio autor no local do experimento, ago/2013

Figura 2 - Colocação de uma lona de plástico para que a água do cilindro interno infiltre somente no instante do início do teste.



Fonte: O próprio autor no local do experimento, ago/2013

Figura 3 - Cilindro infiltrômetro instalado e início do teste.

Além do método direto do infiltrômetro de anel para a determinação da VIB, foi utilizado o modelo empírico desenvolvido por Kostiakov (1932), um dos mais utilizados para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação, que descrevem o volume de água que penetra no solo em função do tempo:

Modelo de Kostiakov:

$$I = k T^a$$

$$VI = ka T^{a-1}$$

Onde:

I = Infiltração acumulada - (mm);

VI = Velocidade de Infiltração – (mm h⁻¹);

k e a = constantes que dependem do solo (adimensionais), determinados por regressão linear entre os valores da infiltração acumulada de água e o tempo acumulado;

T = tempo – (h)

O emprego do modelo de Kostiakov é limitado à situação em que há disponibilidade de dados de infiltração observados para a determinação dos parâmetros k e a da equação, pois tais não tem significado físico próprio e são avaliados a partir de dados experimentais, podendo ser determinados estatisticamente e não pode ser aplicado a outros tipos de solo e condições diferentes das condições em que seus parâmetros foram determinados. Esse modelo, apesar de estritamente empírico, apresenta valor de taxa de infiltração inicial tendendo para o infinito e taxa de infiltração para longos valores de tempo, tendendo a um valor próximo a zero, e não a um valor constante. Este valor constante corresponde a taxa de infiltração estável, ou mesmo a condutividade hidráulica do meio saturado (BRANDÃO et al., 2004).

Foram realizados 12 (doze) testes de infiltração, sendo quatro repetições para cada tratamento.

As alturas foram recalculadas e adicionadas em uma tabela para cálculo da equação da velocidade de infiltração.

Análise estatística

Os valores das variáveis velocidade de infiltração e infiltração acumulada foram analisados através dos métodos do infiltrômetro de anel e Kostiakov e interpretados utilizando-se a análise de variância; para comparar as médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores referentes as lâminas de infiltração em função do tempo, determinada pelo método do anel infiltrômetro na área com mata nativa (Tabela 1).

Tabela 1. Alturas das lâminas de infiltração em função do tempo na área de mata nativa.

		Lâmina (cm)			
		Mata Nativa			
Tempo	Testemunha 1	Testemunha 2	Testemunha 3	Testemunha 4	
4	0	0	0	0	
5	0,977	0,402	0,69	0,632	
5	0,69	0,402	0,747	1,092	
5	0,632	0,345	0,632	0,575	
5	0,402	0,345	0,575	0,862	
5	0,287	0,345	0,632	0,747	
5	0,345	0,287	0,517	0,632	
5	0,287	0,23	0,402	0,517	
5	0,23	0,23	0,402	0,402	
10	0,23	0,172	0,345	0,46	
10	0,402	0,345	0,517	0,69	
10	0,345	0,345	0,402	0,46	
10	0,287	0,287	0,287	0,517	
10	0,23	0,287	0,287	0,46	
10	0,172	0,287	0,287	0,402	
10	0,287	0,287	0,23	0,46	
10	0,23	0,23	0,23	0,402	
10	0,287	0,23	0,23	0,287	
10	0,287	0,23	0,23	0,287	
10	0,287	0,172	0,23	0,345	
10	0,287	0,172	0,23	0,345	
10	0,287	0,172	0,23	0,345	
Total	174	7,758	5,976	8,562	

Valores referentes as lâminas de infiltração em função do tempo, determinada pelo método do anel infiltrômetro na área com adubação verde e composto orgânico (Tabela 2).

Tabela 2. Alturas de lâminas de infiltração na área com adubação verde e composto orgânico.

Lamina (cm)								
Tempo	Adubação Verde				Composto orgânico			
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,919	1,437	1,437	0,805	1,609	0,345	0,115	0,805
5	0,46	0,23	0,23	0,345	0,805	0,345	0,172	0,46
5	0,057	0,115	0,057	0,287	0,517	0,345	0,287	0,517
5	0,057	0,115	0,057	0,115	0,46	0,287	0,172	0,402
5	0,057	0,115	0,057	0,115	0,345	0,287	0,172	0,287
5	0,029	0,115	0,057	0,115	0,345	0,23	0,057	0,23
5	0,029	0,086	0,057	0,057	0,402	0,23	0,115	0,23
5	0,029	0,086	0,057	0,057	0,345	0,172	0,115	0,23
10	0,029	0,115	0,057	0,057	0,287	0,172	0,057	0,115
10	0,057	0,115	0,057	0,115	0,632	0,345	0,172	0,23
10	0,057	0,057	0,115	0,115	0,575	0,345	0,115	0,287
10	0,057	0,144	0,115	0,115	0,575	0,287	0,115	0,172
10	0,603	0,144	0,115	0,115	0,517	0,287	0,115	0,172
10	0,057	0,144	0,115	0,115	0,46	0,287	0,115	0,23
10	0,057	0,115	0,115	0,115	0,517	0,23	0,115	0,115
10	0,057	0,144	0,115	0,115	0,517	0,23	0,115	0,172
10					0,46	0,23	0,115	0,115
10					0,402	0,23	0,115	0,172
10					0,402	0,23	0,115	0,057
10					0,402	0,23	0,115	0,172
Total	2,615	3,276	2,816	2,758	10,574	5,344	2,586	5,172

Valores calculados para determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração. Trata-se da repetição 01 do teste de infiltração, no tratamento com adubação verde, utilizando-se o método do infiltrômetro de anel para determinação da infiltração acumulada e a velocidade de infiltração (Tabela 3).

Tabela 3. Método infiltrômetro de anel para determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração com adubação verde.

N dados	TEMPO (min.)	LÂMINA (cm)	I (cm)	VI (cm h ⁻¹)
	0	0,000	0	0
1	4	0,919	0,92	13,79
2	5	0,460	1,38	5,52
3	5	0,057	1,44	0,69
4	5	0,057	1,49	0,69
5	5	0,057	1,55	0,69
6	5	0,029	1,58	0,34
7	5	0,029	1,61	0,34
8	5	0,029	1,64	0,34
9	5	0,029	1,67	0,34
10	10	0,057	1,72	0,34
11	10	0,057	1,78	0,34
12	10	0,057	1,84	0,34
13	10	0,603	2,44	3,62
14	10	0,057	2,50	0,34
15	10	0,057	2,56	0,34
16	10	0,057	2,61	0,34
Total	114	2,615		

Valores calculados para determinação da Infiltração Acumulada e Velocidade de Infiltração. Trata-se da repetição 01 do teste de infiltração, no tratamento com adubação verde, utilizando-se o método de Kostiakov para determinação da infiltração acumulada e a velocidade de infiltração (Tabela 4).

Tabela 4. Método de Kostiakov para determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração com adubação verde.

	TEMPO	LÂMINA	Tempo	Lâmina	Log X	Log Y	KOSTIAKOV		
	(min)	(cm)	Acm	Acm			I(cm)	VI (cm h ⁻¹)	Vim (cm h ⁻¹)
	X	Y	X	Y	X	Y			
1	4	0,919	4	0,919	0,6021	-0,0365	0,96	3,87	14,3424
2	5	0,460	9	1,379	0,9542	0,1396	1,19	2,14	7,9349
3	5	0,057	14	1,437	1,1461	0,1574	1,34	1,55	5,7474
4	5	0,057	19	1,494	1,2788	0,1744	1,46	1,24	4,5990
5	5	0,057	24	1,552	1,3802	0,1908	1,55	1,05	3,8780
6	5	0,029	29	1,580	1,4624	0,1987	1,63	0,91	3,3776
7	5	0,029	34	1,609	1,5315	0,2066	1,70	0,81	3,0073
8	5	0,029	39	1,638	1,5911	0,2143	1,77	0,73	2,7207
9	5	0,029	44	1,667	1,6435	0,2218	1,83	0,67	2,4914
10	10	0,057	54	1,724	1,7324	0,2365	1,93	0,58	2,1455
11	10	0,057	64	1,781	1,8062	0,2508	2,02	0,51	1,8952
12	10	0,057	74	1,839	1,8692	0,2646	2,10	0,46	1,7047
13	10	0,603	84	2,442	1,9243	0,3878	2,18	0,42	1,5540
14	10	0,057	94	2,500	1,9731	0,3979	2,24	0,39	1,4315
15	10	0,057	104	2,557	2,0170	0,4078	2,30	0,36	1,3297
16	10	0,057	114	2,615	2,0569	0,4174	2,36	0,34	1,2435
TOTAL		114		2,615					

3.1. Infiltração de água no solo

A velocidade de infiltração (VI) de água no solo nos diferentes sistemas de manejo apresentou interação significativa para tratamentos, de acordo com o método Kostiakov.

Os solos com vegetação nativa e adubação com composto orgânico tiveram variações significativas na taxa de infiltração, apresentando os maiores valores em relação ao solo no qual foi realizado adubação verde. Santos et.al. (2014) comprova que cobertura de resíduo acima de 6 Mg ha⁻¹, aumenta a taxa de infiltração, confirmado também por

Lanzanova et al., (2007), que ao trabalhar com diferentes sistemas de manejo em um Argissolo Vermelho Amarelo, observaram que a taxa de infiltração de água no solo não foi alterada após o cultivo de milho, em razão do elevado aporte e manutenção de resíduos culturais na superfície do solo, no entanto, verifica-se que existe correlação positiva entre cobertura vegetal e taxa de infiltração de água, conforme verifica-se que na adubação com composto realizada em cobertura através do esterco + palha de carnaúba e também com o aumento da cobertura do solo através dos restos culturais da bananeira, não altera a taxa de infiltração em relação ao solo com mata nativa.

O tratamento com adubação verde não apresentou efeito significativo sobre a taxa de infiltração tendo em vista que o plantio dos adubos verdes foram realizados no primeiro semestre de 2010, tempo suficiente para ocorrer a mineralização da matéria orgânica, considerando que o teste de infiltração foi realizado com 3 (tres) anos após a incorporação. Tendo em vista que os adubos verdes apresentam baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) e dada as condições de temperaturas altas e umidade adequadas para acelerar a decomposição, espera-se que após 3 anos o valor residual da adubação verde é praticamente desprezível, conforme Souza et al. (2014) em trabalho realizado para avaliar a taxa de decomposição dos vegetais, afirma que o aumento da umidade do solo através da irrigação, acelera o processo de decomposição de resíduos vegetais dispostos na superfície do solo.

Médias das infiltrações acumuladas e velocidades de infiltrações, determinadas através dos métodos de infiltrômetro de anel e Kostiakov, para os tratamentos na mata nativa, solo adubado através de composto e com adubo verde (Tabela 5).

Tabela 5 - Infiltração acumulada e velocidade de infiltração, determinadas pelos métodos do infiltrômetro de anel e Kostiakov, em diferentes sistemas de manejo.

Sistemas de manejo	Infiltração Acumulada (I)		Veloc. de infiltração (VI)	
	Anel infiltrômetro cm	Kostiakov Cm	Anel infiltrômetro cm h ⁻¹	Kostiakov cm h ⁻¹
Mata Nativa	8,39 ^a	9,27 ^a	1,55 ^a	2,01 ^a
Ad. Composto orgânico	5,92 ^{ab}	6,10 ^{ab}	1,38 ^a	1,40 ^a
Adubação verde	2,87 ^b	2,69 ^b	0,64 ^a	0,37 ^b
Média	5,73 ^{**}	6,02 ^{**}	1,19 ^{ns}	1,26 ^{**}
CV	38,80	38,80	43,89	43,89

I – Infiltração acumulada (cm)

VI – Velocidade de Infiltração (cm h⁻¹)

Observa-se que o solo de maneira geral apresenta média velocidade de infiltração, necessitando de um bom dimensionamento do sistema de irrigação para que não ocorra problemas com escoamento superficial.

Verifica-se que a infiltração acumulada de água no solo não diferiu significativamente entre os métodos do cilindro infiltrômetro e Kostiakov, no entanto, na determinação da velocidade de infiltração houve diferença significativa pela metodologia de Kostiakov.

A velocidade de infiltração determinada pelo método Kostiakov, nos solos com mata nativa e adubados com Composto orgânico, foi significativamente superior ao solo com adubação verde.

A infiltração acumulada e a velocidade de infiltração nos solos cultivados sob manejo com adubação por composto orgânico e adubação verde, foram prejudicadas em função do alto teor de sódio adicionado ao solo através da água de irrigação. O sódio por ser um elemento dispersante, provoca a lixiviação das partículas da argila para camadas inferiores prejudicando a infiltração de água no solo.

Os maiores valores de infiltração acumulada foram verificados nos solos sob mata nativa e adubados com composto orgânico. Considerando os valores relativos, entre os sistemas de manejo com interferência antropogênica, o solo adubado com composto foi o que apresentou a maior taxa de infiltração.

A seguir as figuras 4, 5 e 6 mostram a média da infiltração acumulada e velocidade de infiltração de água no solo, pelo método de Kostiakov, para os testes de infiltração realizados na mata nativa, solo cultivado com banana orgânica, adubado com composto e com adubo verde.

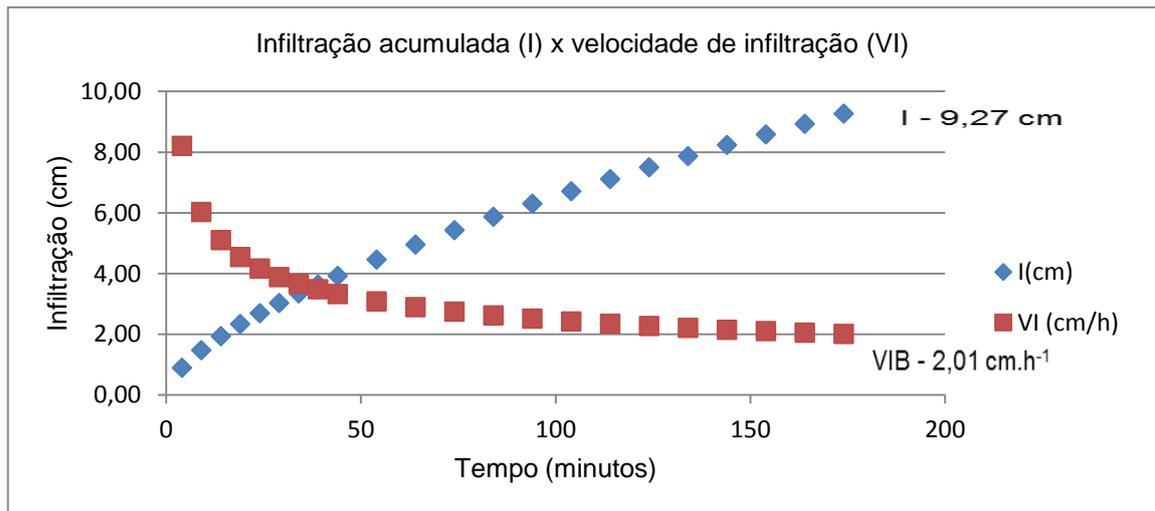


Figura 4 - Valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno com mata nativa.

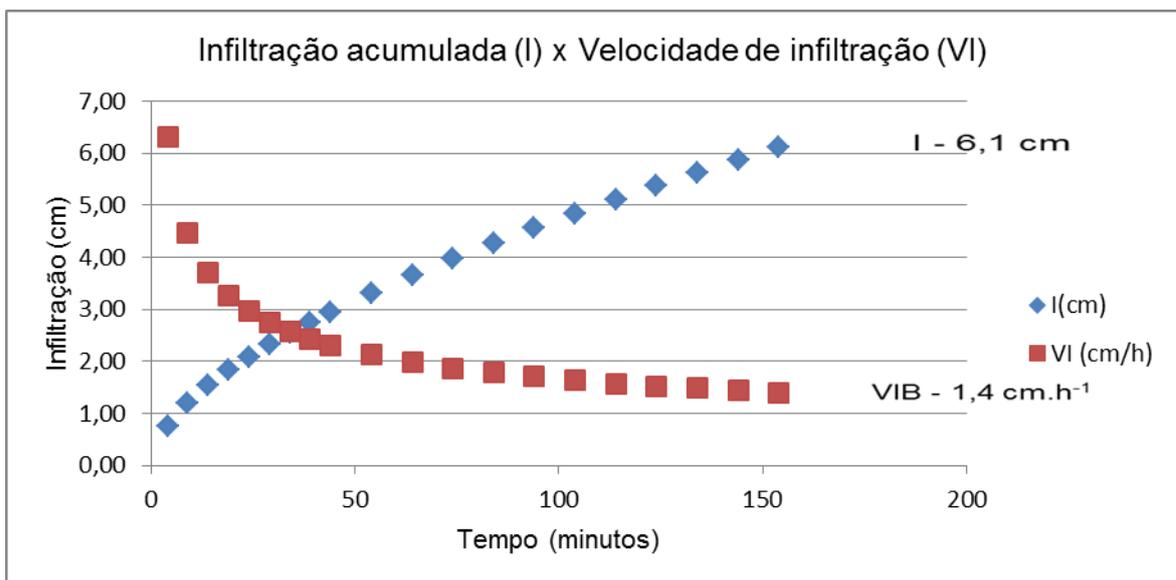


Figura 5 - Valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno cultivado com banana orgânica e adubado com composto.

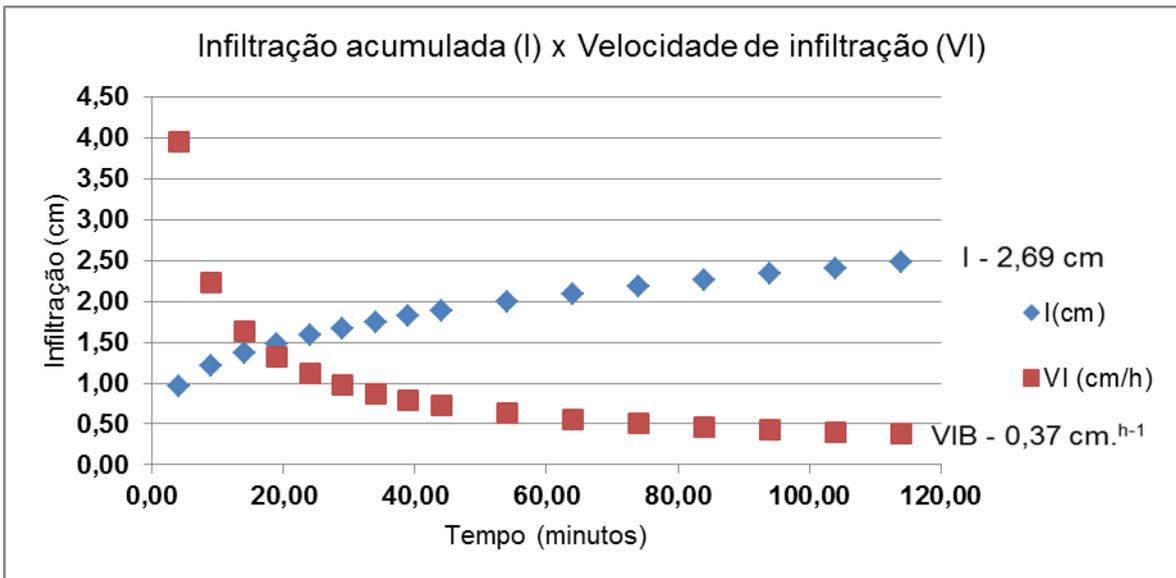


Figura 6 - Valores médios do teste de infiltração pelo método de Kostiakov em terreno cultivado com banana orgânica e com adubação verde.

Verificou-se que a infiltração acumulada determinada pelos métodos do infiltrômetro de anel e Kostiakov, nos solos com mata nativa e adubados com Composto orgânico, não diferiram estatisticamente, mas houve diferença significativa entre o solo com mata nativa e com adubação verde, no entanto, não houve diferença significativa entre o solo com adubação verde e adubação com Composto orgânico.

4. CONCLUSÕES

- Independente do método de análise a infiltração acumulada foi superior nas áreas com mata nativa e adubadas com composto orgânico.
- A infiltração acumulada e a velocidade de infiltração nos solos cultivados sob manejo com adubação orgânica, foram prejudicadas em função do alto teor de sódio no solo.

5. REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; et al. Water infiltration in two cultivated soils in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.39, p.573-588, 2015.
- BONO, J. A. M.; et al. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.36, p.1845-1853, 2012.
- BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. P.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2004. 98p.
- CECÍLIO, R. A.; et al. Modelo para estimativa da infiltração de água e perfil de umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.37, p.411-421, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; et al. Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. **Documentos 174**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, 24 p. 2004.
- FABIAN, A.J.; OTTONI FILHO, T.B. Determinação de curvas de infiltração usando uma câmara de fluxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.325-333, 1997.
- FREITAS JÚNIOR, E.; LUCHIARI JÚNIOR, A. Manejo: Aspectos físicos. In: PEREIRA, V.P.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P., eds. Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal, FCAV-UNESP/SBCS, 1994. 253p.
- LAL, R. Soil erosion from tropical arable lands and its control. **Revista Adv. Agron.**, v.37, p.183-247, 1984.
- LANZANOVA, M. E.; et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.
- REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. Barueri, Manole, 2004. 478p.
- SANTOS, M. A. do N.; et al. Water infiltration in an ultisol after cultivation of common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1612-1620, 2014.
- SOUZA, A. P. de; et al. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 512-526, 2014.
- WUTKE, E. B.; et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 621-633, 2000.