

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO AGROPECUÁRIO
NÚCLEO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL

CURSO DE MESTRADO EM AGRICULTURAS FAMILIARES E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Luis Mauro Santos Silva

O PLANTIO ASSOCIADO ENTRE BANANA (*Musa acuminata* CULTIVAR CAVENDISH "GRANDE NAINE") E FEIJÃO-DE-PORCO (*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.): uma avaliação agronômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa.

Belém
2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO AGROPECUÁRIO
NÚCLEO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL

CURSO DE MESTRADO EM AGRICULTURAS FAMILIARES E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Luis Mauro Santos Silva

O PLANTIO ASSOCIADO ENTRE BANANA (*Musa acuminata* CULTIVAR CAVENDISH "GRANDE NAINÉ") E FEIJÃO-DE-PORCO (*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.): uma avaliação agronômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Pará e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador:
Harry Ozier-Lafontaine

Belém
2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO AGROPECUÁRIO
NÚCLEO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
AMAZÔNIA ORIENTAL

CURSO DE MESTRADO EM AGRICULTURAS FAMILIARES E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Luis Mauro Santos Silva

O PLANTIO ASSOCIADO ENTRE BANANA (*Musa acuminata* CULTIVAR CAVENDISH "GRANDE NAINÉ") E FEIJÃO-DE-PORCO (*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.): uma avaliação agronômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Pará e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador:

Harry Ozier-Lafontaine

Data da defesa : ____ / ____ / ____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof. _____

Prof. _____

Prof. _____

Belém

2002

Silva, Luis Mauro Santos

O plantio associado entre banana (*Musa acuminata* cultivar Cavendish Grande Naine) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.): uma avaliação agronômica dos efeitos da competição por água, nitrogênio e energia luminosa / Luis Mauro Santos Silva. – Belém: UFPA – Centro Agropecuário / Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

110fl.: il.

Disseratação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável.

1. Consorciação de cultura. 2. Banana. 3. Feijão-de-porco. I. Título.

CDD – 631.58

AGRADECIMENTOS

- à Myriam e toda nossa família, pelo apoio em todos os momentos.
- aos demais parentes e amigos, pela força ao longo destes anos.
- aos movimentos sociais rurais da Amazônia e as famílias de agricultores que, através de sua coragem, fortalecem minha crença em um Brasil mais justo.
- à equipe do LASAT pela convivência e apoio incondicional.
- à UFPA / Centro Agropecuário / NEAF / MAFDS pelas oportunidades de crescimento e amadurecimento profissional e pessoal.
- à CAPES-PICDT pelo apoio durante 24 meses de construção do meu sujeito de pesquisa.
- ao INRA e UAG, por todo o apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.
- à acolhida calorosa e espontânea dos colegas do INRA-URAPC. E um especial agradecimento a: Régis TOURNEBIZE, Simon LEINSTER, Harry OZIER-LAFONTAINE, Thierry BAJAZET, Marie-Laure ABINNE, Jorge SIERRA, e Jisette pelo apoio, carinho e convivência ao longo de um ano.
- à Vincent e Macoline De Reynal pela amizade e apoio, em todos os momentos necessários...como também nos passeios e nas caipirinhas (Ti ponche).
- Haaaa....não esqueço a imensa contribuição de minhas amigas e colegas de trabalho: Marizete Martins e Marina Barbosa.
- quanto a DEUS.....este eu agradeço em minhas orações diárias.

Ao Meu pai, Flávio
Simões da Silva e ao amigo
Rosinaldo da Costa Machado

Dedico.

SIGLAS

CA: Centro Agropecuário, UFPA.

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CIRAD: Centre de coopération internationale en recherche Agronomique pour le développement.

ELSYC: Elaboration de Système de Culture, URAPC.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

INRA: Institut National de la Recherche Agronomique, Guadeloupe, France.

LASAT: Laboratório Sócio-Agrônômico do Tocantins, NEAF.

MAFDS: Programa de Mestrado em Agriculturas Familiares Amazônicas e Desenvolvimento Sustentável.

NEAF: Núcleo de Estudos Integrados sobre Agricultura Familiar, CA.

PICDT: Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica

STICS: Simulateur Multidisciplinaire pour les Cultures Standard.

UAG: Université e Antilles – Guyane.

UFPA: Universidade Federal do Pará, Estado do Pará, Brasil.

URAPC: Unité de Recherche Agropedoclimatique – INRA Guadeloupe.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	21
2. HIPÓTESE CENTRAL DO ESTUDO: AS CONSEQUÊNCIAS DE UM PLANTIO ASSOCIADO	22
2.1. AS FASES CRÍTICAS DE CADA ESPÉCIE E AS HIPÓTESES DE SEUS EFEITOS NO RENDIMENTO DA ASSOCIAÇÃO	24
2.1.1. A associação estabelecida aos mesmo tempo: associação com menor estresse inicial entre as duas espécies	26
2.1.2. A associação intercalada: maior estresse e redução do rendimento da bananeira	26
3. OBJETIVO DO ESTUDO	28
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
4.1. DO DIAGNÓSTICO AGRONÔMICO A MODELIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO ASSOCIADO	28
4.1.1 O diagnóstico agrônomo através da elaboração do rendimento: uma nova leitura da parcela cultivada	28
4.1.2. A Modelização do agro-ecossistema: concepção teórica e aplicação prática	30
4.1.3. A modelização dos sistemas de cultivo agrícola	31
4.1.4. A modelização do funcionamento de uma parcela cultivada	31
4.1.5. Aspectos importantes sobre o modelo STICS	32
4.1.5.1. Explicando o modelo STICS	33
4.1.5.1.1. Resumo descritivo do modelo STICS	34
4.1.5.1.2. Algumas precisões da constituição interna do modelo STICS	37
4.1.5.1.2.1. A Intercepção da radiação solar	37
4.1.5.1.2.2. A água no modelo	38
4.1.5.1.2.3. A disponibilidade de nutrientes no solo	39
4.2. O CULTIVO DA BANANEIRA: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS REFERENCIAIS AGRO-ECOFISIOLÓGICOS DO CULTIVAR CAVENDISH "GRANDE NAINE".	40
4.2.1. Referenciais agro-ecofisiológicos da bananeira	42
4.2.1.1. As fases do ciclo da bananeira: referência a cultivar Grande Naine	42
4.2.1.1a. Fase Vegetativa 01: o estresse pós-plantio	42
4.2.1.1b. Fase Vegetativa 02: crescimento e desenvolvimento da Hélice Foliar	43
4.2.1.1c. Fase Vegetativa 03: Metabolismo máximo, estabilidade da emissão foliar e preparação para o início da Diferenciação Floral	43
4.2.1.1d. Fase Reprodutiva: diferenciação sexual da inflorescência ou determinação do Rendimento Potencial da planta	44

4.2.1.1e. Fase de enchimento e maturação dos frutos: determinação do Rendimento Final	46
4.2.1.2. A relação dos fatores e condições do meio com o cultivo da bananeira	46
4.2.1.2a. A ação da Temperatura e da Radiação Solar	47
4.2.1.2b. A ação do vento	50
4.2.1.2c. O papel da água na planta: nem a escassez, nem o excesso	50
4.2.1.2d. Aspectos pedológicos do cultivo da bananeira	52
4.2.1.2e. O Nitrogênio como indicador prático da elaboração do rendimento da bananeira	57
4.2.1.3. O monocultivo da bananeira e suas conseqüências	59
4.2.1.3.1. Algumas conseqüências pedológicas do monocultivo	60
4.2.1.3.2. A concorrência com espécies endêmicas	61
4.2.1.3.3. A busca de alternativas ao monocultivo: o sistema de cultivo associado	62
4.2.1.3.4. Possibilidades de Associação entre fruteiras e leguminosas rasteiras	63
4.3. O CULTIVO DO FEIJÃO-DE-PORCO: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS REFERENCIAIS AGRO-ECOFISIOLÓGICOS DA ESPÉCIE	64
4.3.1. Aspectos gerais das leguminosas forrageiras	64
4.3.1.1. Algumas particularidades do cultivo do feijão-de-porco (<i>C. ensiformes</i> (L.) D.C.)	65
4.3.2. Referencias do uso de leguminosas como melhoradoras dos sistemas de cultivo	67
4.3.2.1. Efeitos do cultivo do feijão-de-porco na fertilidade do solo	68
5. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	69
5.1. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DA AREA DE ESTUDO	70
5.1.2. Condições climáticas	71
5.1.3. Condições edáficas da parcela experimental	73
5.2. A INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	74
5.2.1. O diagnóstico agrônômico	77
5.3. DEFINIÇÃO DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	78
5.4. O DETALHAMENTO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL	79
5.4.1. As fontes de variação ligadas ao sistema foliar da bananeira e as condições climáticas	81
5.4.1.1. Altura e diâmetro do pseudo-caule	81
5.4.1.2. Número de folhas e superfície Foliar	82
5.4.1.3. A radiação solar incidente	84
5.4.1.4. Produção de matéria seca:	85
5.4.1.5. Teor de nitrogênio	85

5.4.2. As fontes de variação ligada ao sistema radicular da bananeira e ao solo cultivado	86
5.4.2.1. Evolução do sistema radicular	86
5.4.2.2. Colonização radicular do solo	86
5.4.2.3. Produção de matéria seca radicular	87
5.4.3. A análise da elaboração do rendimento das parcelas acompanhadas	89
5.4.4. A validação do modelo STICS e a construção de cenários sobre o rendimento final da bananeira	90
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
6.1. PRIMEIRA ETAPA DA ANÁLISE: COMPARAÇÃO ENTRE O MONOCULTIVO E A ASSOCIAÇÃO SIMULTANEA DA BANANEIRA COM FEIJÃO-DE-PORCO	91
6.1.1.1. Indicadores da planta: a formação de seus captores e reservas	91
6.1.1.1.1. A produção de matéria seca	91
6.1.1.1.2. O ritmo de aparição e senescência foliar	91
6.1.1.1.3. O aumento do volume do pseudo-caule e a estimacão da biomassa aérea	93
6.1.1.1.4. A estimacão da biomassa subterrânea da bananeira	94
6.1.1.2. Os fatores e condições climáticas relacionados com os componentes de rendimento da bananeira	95
6.1.1.2.1. A simulacão do balanço hídrico das parcelas	95
6.1.1.2.2. A radiação e a temperatura do ar	96
6.1.1.3. Os fatores e condições edáficas	96
6.1.1.3.1. A densidade do sistema radicular	96
6.1.1.3.2. Perfil hídrico do solo cultivado	98
6.1.1.4. Análise nutricional da banana	99
6.1.1.5. Os efeitos dos tratamentos no itinerário técnico realizado	100
6.1.2. Síntese da análise comparativa entre as parcelas BP e BA	100
6.1.2. Segunda etapa da análise: comparacão entre as parcelas associadas	101
6.1.2.1. Indicadores da planta	101
6.1.2.1.1. A produção de matéria seca	101
6.1.2.1.2. O ritmo de aparição e senescência foliar	102
6.1.2.1.3. O volume do pseudo-caule e a biomassa aérea	103
6.1.2.1.4. A produção de biomassa do feijão-de-porco, após 2 meses.	106
6.1.2.2. Os fatores e condições climáticas relacionados com os componentes de rendimento da bananeira	107
6.1.2.2.1. O balanço hídrico	107

6.1.2.2.2. A radiação e a temperatura do ar	107
6.1.2.2.3. Os fatores e condições edáficas	108
6.1.2.2.3.1. A densidade do sistema radicular	108
6.1.2.2.3.2. Perfil hídrico do solo cultivado	109
6.1.2.2.3.3. A análise nutricional da planta	110
6.1.2.2.3.4. Os efeitos dos tratamentos no itinerário técnico realizado	110
6.1.2.2.4. Síntese da análise comparativa entre as parcelas BA e BA 60	111
6.2. A MODELIZAÇÃO DE SISTEMAS DE CULTIVO	114
6.2.1. A validação da aplicação do modelo STICS no ciclo vegetativo das parcelas estudadas	114
6.2.1.1. A produção de matéria seca da bananeira	115
6.2.1.2. A evolução do índice de área foliar	115
6.2.1.3. A evolução da altura do pseudo-caule	116
6.2.2. A construção de cenários de sistemas de cultivo da bananeira: perspectivas de uso do modelo STICS na previsão do rendimento final da bananeira	117
6.2.2.1.1. Atividade biológica do solo	117
6.2.2.1.2. Balanço do nitrogênio	117
6.2.2.1.3. A demanda hídrica	118
7. CONCLUSÃO	119
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
9. ANEXOS	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Situação atual da produção mundial de banana.	21
Quadro 02 - Classificação das bananeiras utilizadas no consumo humano	40
Quadro 03 - Algumas características agrônômicas do sub-grupo Cavendish	41
Quadro 04 - Algumas décadas de constatações sobre a relação da temperatura sobre a bananeira cultivada.	48
Quadro 05 - Algumas funções dos Macronutrientes na bananeira	54
Quadro 06 - Macronutrientes extraídos por bananeiras do grupo Cavendish	54
Quadro 07 - Variação dos Indicadores de desempenho vegetativo do feijão-de-porco em 3 densidades populacionais distintas.	66
Quadro 08 - Outras características da parcela experimental 27A	74
Quadro 09 - Dispositivo Experimental – Parcela 27-A, INRA – Antilhas/Guianas, Domaine de Duclos, Petit-Bourg, em Guadalupe.	75
Quadro 10 - Dispositivo Experimental – Parcela 29-A, INRA – Antilhas/Guianas, Domaine de Duclos, Petit-Bourg, em Guadalupe.	80
Quadro 11 - Dados coletados ao longo do Experimento de campo, de forma não destrutiva nas parcelas comparadas	88
Quadro 12 - Dados coletados bi-mensalmente nas parcelas comparadas	88
Quadro 13 - Outros parâmetros acompanhados no dispositivo de campo	89
Quadro 14 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, em dois momentos da fase vegetativa	91
Quadro 15 - Comparação dos componentes intermediários do crescimento aéreo que afetam o rendimento da bananeira – após 7 meses do plantio	91
Quadro 16 - Resultados da análise foliar da bananeira aos 60 e 210 dias após plantio	100
Quadro 17 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, após 7 meses do plantio	101
Quadro 18 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, durante os 2 primeiros meses da fase vegetativa	102
Quadro 19 - Comparação da produção de matéria seca do feijão-de-porco (ton/ha) após 60 e 210 dias do plantio	106
Quadro 20 - Resultados da análise foliar da bananeira aos 60 dias de idade	110
Quadro 21 - Cenários sobre o balanço final do rendimento das parcelas estudadas – aplicação do Modelo STICS para as parcelas BP e BA	118
Quadro 22 - Síntese do balanço entre algumas vantagens e desvantagens observadas durante o acompanhamento do ciclo vegetativo	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação Esquemática das variáveis e fatores que influenciam a elaboração do rendimento da bananeira.	24
Figura 02 - Esquema sintético sobre a hipótese de comportamento da associação Banana X Feijão-de-porco, com plantio simultâneo.	26
Figura 03 - Esquema sintético sobre a hipótese de comportamento da associação Feijão-de-porco X Banana, com plantio tardio da segunda espécie (após 60 dias).	27
Figura 04 - A modelização como um procedimento de melhoramento dos sistemas de cultivo	31
Figura 05 - Organização esquemática dos módulos que compõem o modelo STICS.	36
Figura 06 - Representação esquemática dos compartimentos do modelo STICS	37
Figura 07 - Modelo geral de interceptação da radiação solar pela planta	38
Figura 08 - Modelo geral do fluxo de nutrientes e formação da biomassa vegetal	39
Figura 09 - Aspecto geral da bananeira (<i>M. spp.</i>).	41
Figura 10 - Esquema da Inflorescência da bananeira.	45
Figura 11 - Esquema-síntese do ciclo da bananeira cv. Grande Naine.	46
Figura 12 - Variáveis identificadas pelo estudo dos componentes do rendimento da bananeira, em condições hídricas e de nutrição Nitrogenada não limitantes – atenção especial para a Radiação Solar e seus efeitos sobre o rendimento do cultivo da banana.	50
Figura 13 - Síntese sobre o papel do Nitrogênio na elaboração dos órgãos reprodutores da bananeira.	58
Figura 14 - Modelo de funcionamento de um povoamento vegetal de banana, segundo a relação oferta X demanda por fotoassimilados.	58
Figura 15 - Esquema-síntese do ciclo do feijão-de-porco.	65
Figura 16 - Mapa do Arquipélago de Guadalupe – Pequenas Antilhas do Caribe	71
Figura 17 - Distribuição pluviométrica durante o ciclo da bananeira.	72
Figura 18 - Comportamento da temperatura do ar durante o ciclo da bananeira.	72
Figura 19 - Localização do experimento.	74
Figura 20 - Disposição espacial do plantio das espécies.	75
Figura 21 - Síntese do Itinerário Técnico realizado nas parcelas, durante a fase de coleta de dados no campo	77
Figura 22 - Relação altura x diâmetro do pseudo-caule da bananeira e a equação	81

de estimaco da biomassa aérea..

Figura 23 - Comportamento da temperatura do ar durante o período de estudo	83
Figura 24 - Comparaco das curvas de evoluo foliar da bananeira.	84
Figura 25 - Curvas de análise da relao comprimento / largura das folhas da bananeira.	84
Figura 26 - Relao comprimento / largura das folhas da bananeira, ao longo do ciclo vegetativo.	84
Figura 27 - Radiao global acumulada durante o período do estudo	85
Figura 28 - Modelizao da biomassa radicular através de medidas em mudas plantadas em vaso	86
Figura 29 - Comportamento da curva de produo de biomassa radicular via condutividade elétrica das raízes da bananeira.	87
Figura 30 - Evoluo do ritmo foliar da bananeira.	92
Figura 31 - Evoluo da altura da bananeira.	93
Figura 32 - Evoluo do diâmetro da bananeira.	93
Figura 33 - Relao biomassa aérea medida e o volume do pseudo-caule da bananeira.	93
Figura 34 - Evoluo da biomassa aérea da bananeira, durante o ciclo vegetativo.	94
Figura 35 - Evoluo estimada da biomassa subterrânea da bananeira, durante o ciclo vegetativo.	95
Figura 36 - Balano hídrico durante os primeiros 4 meses do ciclo vegetativo das parcelas estudadas.	95
Figura 37 - Perfil agropedológico das parcelas BP e BA, após 7 meses do plantio.	97
Figura 38 - Evoluo do estoque hídrico do solo e a pluviometria dos meses mais críticos do ciclo.	98
Figura 39 - Evoluo do ritmo de apario das folhas ativas.	102
Figura 40 - Comparaco das curvas de evoluo foliar da bananeira (parcela BA).	103
Figura 41 - Comparaco das curvas de evoluo foliar da bananeira (parcela BA 60).	103
Figura 42 - Relao comprimento / largura das folhas da bananeira, ao longo do ciclo vegetativo.	103
Figura 43 - Evoluo do diâmetro do pseudo-caule da bananeira a 10 cm do solo.	104
Figura 44 - Evoluo do crescimento em altura do pseudo-caule da bananeira.	104
Figura 45 - Evoluo da altura da bananeira nas parcelas BA e BA 60.	104
Figura 46 - Evoluo do diâmetro a 10 cm de altura da bananeira (BA e BA 60).	104
Figura 47 - Evoluo da biomassa aérea da bananeira durante o ciclo vegetativo.	105

Figura 48 - Comportamento da curva de condutividade elétrica das raízes da bananeira.	105
Figura 49 - Distribuição da matéria seca nos órgãos do feijão-de-porco após 2 meses.	107
Figura 50 - Comparação da época de plantio das duas parcelas, durante os 4 primeiros meses do ciclo vegetativo da bananeira.	107
Figura 51 - Evolução da superfície foliar da bananeira, igualando os calendários do ciclo vegetativo e, termos da soma de temperatura (na base 14).	108
Figura 52 - Perfil agropedológico das parcelas BA e BA 60, após 7 meses do plantio.	109
Figura 53 - Teor de água no solo relacionado com a precipitação pluviométrica dos meses mais críticos do ciclo.	109
Figura 54 - Síntese do esquema de elaboração do rendimento da bananeira associada simultaneamente.	113
Figura 55 - Aplicação do Modelo STICS sobre o fator produção de biomassa nas parcelas estudadas.	115
Figura 56 - Aplicação do Modelo STICS sobre o fator índice de área foliar nas parcelas estudadas.	116
Figura 57 - Aplicação do Modelo STICS sobre o fator altura do pseudo-caule nas parcelas estudadas.	116

RESUMO

Nas regiões de clima tropical, o monocultivo da banana vem causando consequências ambientais desastrosas e, muitas vezes, impedindo uma exploração continuada de uma mesma área. A redução do rendimento é devido principalmente as limitações físico-químicas do solo e a rápida degradação do sistema radicular, agravada pela ação de parasitas do solo (nematóides, fungos, etc.).

Em virtude destas limitações, várias iniciativas vem sendo buscadas para a minimização das perdas agronômicas e ambientais, destacando-se o melhoramento e a modificação genética, e a associação deste cultivo com espécies leguminosas. Porém uma das grandes dificuldades de avaliarmos os novos sistemas de cultivo alternativos concentra-se na falta de referenciais agronômicos relacionados principalmente com o funcionamento de sistemas de cultivos associados, especialmente relacionados aos fatores e condições que interferem diretamente na definição do rendimento da espécie principal.

O presente estudo testou , em campo experimental, o uso de plantas de serviço associada a bananeira e seus efeitos na produção de biomassa durante seu o ciclo vegetativo. Isto porque é durante esta fase que a bananeira constrói sua capacidade de reservas de fotoassimilados e, conseqüentemente, define o potencial de produção e enchimento dos frutos.

Além do monocultivo, definiu-se mais duas parcelas associadas com o feijão-de-porco: 1) o plantio simultâneo das duas espécies e; 2) o plantio de feijão-de-porco e, após 2 meses, a introdução da banana. Além de acompanhamento semanal das parcelas, realizou-se, bimensalmente, coletas destrutivas de dados sobre produção de matéria seca, superfície foliar e análise nutricional das plantas. Após a análise agrônômica da fase vegetativa, aplicou-se a modelização dos sistemas de cultivo estudados e comparou-se os possíveis cenários sobre o rendimento final da bananeira, além de outros indicadores sobre os fatores de crescimento das plantas.

Após o acompanhamento dos 7 primeiros meses do ciclo vegetativo, concluiu-se que a data de estabelecimento da associação foi determinante para o sucesso do cultivo associado. Podemos destacar que a associação entre a bananeira e o feijão-de-porco não causou limitações na produção de biomassa (4,2 ton/ha), quando comparada com o monocultivo (4,5 ton/ha). A redução do número de capinas também foi um indicador animador deste sistema de cultivo alternativo. Por outro lado, quando a bananeira foi plantada 60 dias após a leguminosa, a mesma representou uma séria limitação na produção de biomassa (2,7 ton/ha). Esta limitação deveu-se ao estado de forte competição devido a agressividade com que o feijão-de-porco recobria toda a parcela e alcançando uma altura (74 cm) superior que a muda de banana (29 cm).

Em relação a primeira parte da metodologia aplicada - o diagnóstico agrônomo -, a mesma foi eficiente para a avaliação do ciclo vegetativo da associação estudada, ficando a necessidade da continuidade do acompanhamento do ciclo reprodutivo, para a confirmação dos resultados em termos de formação e produção de frutos.

Na fase de modelização, chegou-se a uma leitura dos resultados próxima dos resultados obtidos no campo. Em termos de rendimento em frutos, o monocultivo com adubação (400 kg/ha de nitrogênio) e irrigação (133 mm) teve um aumento na ordem de 50% no rendimento final (28 ton/ha) quando comparada com a parcela nas condições reais do experimento (19,6 ton/ha). Já o rendimento em frutos da associação, apresentou o mesmo resultado com e sem adubação e irrigação (16 ton/ha).

No tocante a construção dos cenários, confirmou-se novamente algumas das vantagens da associação, principalmente na redução da adubação nitrogenada aplicada nos sistemas convencionais de cultivo.

Finalmente, podemos imaginar a construção de várias formas de testar e otimizar o uso destes sistemas associados (cenários). Porém, confirma-se que a construção de novos referenciais agrônômicos sobre sistemas de cultivo mais complexos (os cultivos associados) torna-se ainda muito necessário para a realização de avaliações mais precisas sobre estas alternativas. E, com estes novos referenciais técnicos, podemos imaginar, a médio e longo prazo, alguns dos benefícios das leguminosas sobre as propriedades físico-químicas do solo cultivado (cobertura viva, adubo verde, redução de adventícias, etc) e sobre a manutenção do rendimento dos cultivos (adubação verde).

RÉSUMÉ

Dans les régions tropicales, la monoculture de la banane (*Musa accuminata*) a des impacts agro-environnementaux désastreux, et interdit une exploitation continue de la parcelle en culture. La réduction du rendement de la banane est principalement liée aux limitations physico-chimiques du sol et à la rapide dégradation du système racinaire sous l'action des parasites du sol (nématodes et champignons).

Du fait de ces limitations, diverses alternatives sont aujourd'hui proposées pour minimiser les problèmes agronomiques et environnementaux, parmi lesquelles l'association de la culture de la banane avec des légumineuses constitue une voie intéressante. Une des grandes difficultés pour évaluer ces nouveaux systèmes de culture tient à l'absence de références agronomiques sur les systèmes de culture associés, notamment des facteurs et conditions de production pouvant affecter l'élaboration du rendement de l'espèce principale.

Cette étude a pour objectif l'évaluation au champ de l'association de la banane avec une plante de service - *Canavalia ensiformis* – qui en plus d'être une légumineuse fixatrice d'azote, posséderait des propriétés némato-régulatrices. Avant de s'intéresser concrètement à ces propriétés, il importe de mieux comprendre l'aptitude du bananier à supporter la présence d'une plante associée. L'analyse des effets du canavalia sur la production de biomasse de la culture de banane a été suivie durant la phase végétative. C'est en effet durant cette phase que la banane élabore ses réserves en hydrates de carbone et que se définit le potentiel de production et de remplissage des fruits.

Trois traitements ont été étudiés sous l'angle de l'élaboration des composantes du rendement de la banane : (i) BP0 : banane en culture pure, (ii) BA0 : banane associée au canavalia en plantation simultanée, (iii) BA60 : banane associée au canavalia en respectant un décalage de 2 mois entre la plantation du canavalia et la plantation de la banane. Un suivi hebdomadaire non destructif des paramètres de croissance et de développement des 2 espèces sur les 3 parcelles a été réalisé (surface foliaire, rythme de développement des feuilles, hauteur et diamètre du pseudo-tronc pour le bananier, extension du couvert du canavalia), et des prélèvements destructifs de biomasse de bananier ont été effectués 2 fois par mois permettant l'analyse de la nutrition minérale des plantes. En parallèle à cette évaluation agronomique, une modélisation de la culture de la banane a été réalisée sur la base du modèle STICS, et différents scénarios de systèmes de cultures ont été étudiés.

Le diagnostic portant sur les 7 premiers mois du cycle végétatif montre que la date de mise en place de l'association est déterminante pour le succès de la culture associée. L'association simultanée de la banane et de la légumineuse (BA0) ne provoque pas de réduction significative de la biomasse produite (4,5 t MS ha⁻¹ pour BP0 contre 4,2 t MS ha⁻¹ pour BA0). La réduction du nombre de sarclages pour BA0 est également très significative (8

sarclages en BP0 contre 3 en BA0). En revanche, dans le traitement BA60, la culture de banane subit une série de limitations. La production de biomasse est très affectée (2,7 t MS ha⁻¹), et s'explique par une compétition plus forte exercée par le canavalia qui est beaucoup plus couvrant et qui atteint une hauteur de 74 cm, supérieure à celle de la banane en début de cycle (29 cm).

L'analyse des composantes du rendement s'est révélée une méthode efficace pour évaluer la phase végétative de l'association étudiée ; l'analyse de la phase reproductive est en cours et devrait compléter cette première évaluation.

La validation du modèle a été probante en permettant de simuler des résultats proches de ceux obtenus sur le terrain. Des études de scénarios ont permis des prédictions de rendement de 28 t ha⁻¹ contre 20 t ha⁻¹, pour le traitement en banane pure, conduit respectivement (i) avec une fertilisation de 400 kg d'azote ha⁻¹ et une irrigation de 133 mm, (ii) sans apports d'engrais. Le rendement de l'association sans fertilisation et sans irrigation atteint 16 tonnes de fruits par hectare.

La construction de différents scénarios peut donc être conduite dans la perspective de tester et d'optimiser les modalités d'association : optimisation des densités de plantation et du calage des cycles, par exemple. La construction de nouveaux référentiels agronomiques sur ces bases est donc possible. Ces travaux se doivent d'être poursuivis en vue d'évaluer les effets à moyen et long terme de ce type d'association sur l'évolution des propriétés bio-physico-chimiques du sol cultivé et de sa fertilité - évolution de la matière organique en relation avec les restitutions de la plante de service, évolution de la faune et de la flore du sol, contrôle des mauvaises herbes – , pour statuer sur la durabilité de ces systèmes de culture.

xxxxx

ABSTRACT

In tropical regions, intensive banana (*Musa accuminata*) monocropping has severe agronomic and environmental impacts, and the sustainability of this production is actually highly compromised. Yield reductions are principally due to the decrease of soil fertility and root systems damages by soil fungus and nematodes.

Several alternatives actually aim to improve sustainable banana cropping systems. Among them, the cultivation of banana in cover-cropping systems with legumes is a promising one. The development of such systems, however, mainly depends on the knowledge and control of how the mixed component crop competes and affects the production of the principal banana crop.

The goal of this study is to estimate the functioning of the “banana – *canavalia ensiformis*” cover-crop system in field conditions. *Canavalia* is an annual legume that is supposed to have nematode control properties. In this study, however, we focus only on the capacity of banana to perform in such cropping systems, under competition for environmental resources. It is a prerequisite to the development of further investigations upon bio-control mechanisms that could be managed in “integrated protection systems”.

An analysis of the elaboration of yield components during the vegetative phase of the growing cycle of the banana crop was performed : it is during that phase that the potential yield (number of fruits and fruit filling) is determined, and it is assumed that legume competition can affect yield elaboration.

Three treatments were carried out : (i) BP0 : banana pure crop, (ii) BA0 : simultaneous mixed banana-canavalia, (iii) BA60 : mixed banana-canavalia with banana planted 2 months after canavalia.

Growth and development parameters were registered weekly by non destructive methods (leaf area, leaf phenology, stipe height and diameter for banana, and canopy extension for canavalia). Destructive sampling were carried out twice a month to determine aboveground dry matter (DM) and mineral composition of banana in the different treatments.

In addition to this agronomical evaluation, we developed a banana intercropped model adapted from the STICS model for validation and scenario analysis.

The analysis of the vegetative cycle of banana over 7 months shows that the plantation date is crucial for the success of the intercrop. There was no significant difference between BP0 and BA0 for DM before flowering (4,5 t MS ha⁻¹ for BP0 against 4,2 t MS ha⁻¹ for BA0). The number of weedings is also significantly reduced for 8 to 3 between BP0 and BA0, respectively. Banana's performances are, however, more affected in BP60. Here, banana DM is reduced to 2,7 t ha⁻¹, that can be explicated by a higher adverse effect by the

canavalia that was dominant at the plantation of banana - 74 cm height against 29 cm for banana.

The performed yield analysis may be considered as an efficient approach for the evaluation of the vegetative phase of the banana, growing sole or intercropped. The analysis of the reproductive phase is actually carried out and should complete this first diagnosis.

Model validation under simulated vs. observed data was satisfying. Scenario studies of pure crop situations predicted yield values of 28 t ha^{-1} against 20 t ha^{-1} (i) in situation with $400 \text{ kg nitrogen ha}^{-1}$ and $133 \text{ mm irrigation}$, (ii) in situations without fertilisers and irrigation, respectively. A simulated yield of 16 t ha^{-1} was obtained in the case of intercrop without inputs.

Test of contrasting scenarios may be used as a decision tool for the definition of adapted intercropping patterns - optimisation of plant density and synchronisation of the plantation dates of the two species, for instance -, and new agronomical standards may be studied.

These investigations, however, must be carried on with the purpose of mean and long term effects evaluation of these cover-cropping systems in relation with the evolution of soil bio-physico-chemical properties – organic matter status and evolution, soil fauna transformation, weeding -, and sustainability.

XXXXX

1. INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais produzidas e consumidas, em termos mundiais. A maior quantidade produzida (em área e em frutos) concentra-se no continente Asiático e nas Américas (quadro 01). A produção de banana assume um papel fundamental na alimentação e na renda dos pequenos estabelecimentos familiares, apesar da maior parte da produção ter origem nos grandes plantios comerciais baseados no sistemas de monocultivo.

Quadro 01 – Situação atual da produção mundial de banana.

Continente	Área plantada (ha)	Produção (Ton)	Produtividade (Ton/ha)
ÁFRICA	989.135	7.232.590	7,312
ÁSIA	1.563.701	26.588.300	17,003
EUROPA	9.965	425.600	42,709
(Guadalupe)	5.760	141.135	24,503
AMÉRICAS	1.229.846	23.235.383	18,893
(Brasil)	527.684	5.591.720	10,597
OCEANIA	66.839	951.699	14,239
MUNDIAL	3.859.486	58.433.572	15,140

Fonte: adaptado da FAO (2000).

No tocante ao consumo, observa-se importantes números, como na África que chega a um consumo de 250 Kg de fruto/pessoa/ano. Já no continente Americano, estes números caem para cerca de 60 Kg/ano (FAO, 2000). Isto reforça a importância da banana na alimentação dos países subdesenvolvidos.

Porém, grandes problemas de ordem tecnológica vem preocupando agricultores, pesquisadores e ambientalistas. As conseqüências ecológicas do monocultivo da bananeira em solos tropicais são cada vez mais dramáticas em termos da sustentabilidade agroecológica. Os impactos negativos sobre as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos vem impedindo os agricultores de realizarem o plantio de bananeiras em uma mesma área, por muitos anos. Segundo Neto (1993, p.1165), uma das grandes limitações quanto ao rendimento dos cultivos é a deficiência de fertilidade, devido ao manejo inadequado dos solos e o controle de plantas invasoras e parasitas.

Outro impacto negativo do manejo químico deste cultivo é a contaminação dos mananciais de água, causando grandes riscos ambientais e custo sociais altíssimos.

No caso da banana, um dos grandes desafios atuais é a construção de sistemas de cultivo com uma produção estável mas que, ao mesmo tempo, garantam uma exploração duradoura em uma mesma área com menor impacto ambiental. Porém, para se alcançar tais objetivos, faz-se necessário superar algumas lacunas no tocante a compreensão da dinâmica das populações vegetais estabelecidas em uma parcela cultivada. E a mobilização

de conhecimentos agronômicos, ecológicos, pedológicos, climáticos, é fundamental para esta leitura agronômica mais completa da exploração de agro-ecossistemas.

Em outras palavras, é necessário avaliar a exploração agrícola como um componente de uma ecossistema mais complexo, ou seja, componente de uma interação com o clima e o micro-ambiente cultivado.

Atualmente, vários estudos são desenvolvidos na busca de alternativas ao monocultivo da banana, onde o plantio associado a leguminosas desponta com forte contribuição na redução dos impactos do meio cultivado. Por outro lado, ainda é muito recente a construção de referenciais técnicos para a avaliação agronômica da combinação do cultivo da bananeira e outras espécies associadas. Podemos afirmar ainda que um ponto fundamental a ser abordado com mais ênfase deverá ser os aspectos ecofisiológicos desta combinação, especialmente os efeitos competitivos que possam afetar significativamente a produção final da bananeira.

2. HIPÓTESE CENTRAL DO ESTUDO: AS CONSEQUÊNCIAS DE UM PLANTIO ASSOCIADO

O cultivo de mais de uma espécie em uma mesma parcela pode ser marcado por inúmeras interações que trazem consequências diversas para o rendimento das mesmas. Estas consequências podem causar tanto efeitos positivos, quanto limitações no crescimento e desenvolvimento de uma população vegetal.

Do ponto de vista positivo, o consórcio com uma leguminosa pode possibilitar, principalmente, uma melhoria do meio cultivado, com a manutenção das propriedades físico-químicas do solo via processos simbióticos com microorganismos (fungos e bactérias). Esta melhoria está ligada principalmente a uma maior disponibilidade de micronutrientes e minimização dos efeitos erosivos no solo (cobertura verde do solo).

Porém, dependendo da forma de estabelecimento do consórcio, os efeitos competitivos entre as espécies podem também limitar o rendimento esperado do cultivo principal, inviabilizando assim o uso destes sistemas de cultivo, para fins comerciais.

Para tratarmos da avaliação destes efeitos, centralizaremos nossos propósitos de estudo nos aspectos mais decisivos do ponto de vista agronômico, ou seja, nos efeitos no rendimento final da espécie principal.

Em relação a escolha da espécie de leguminosa a ser utilizada, depende muito das potencialidades da mesma. Neste estudo, a decisão da introdução do feijão-de-porco na parcela de banana se deu principalmente por algumas vantagens, como:

- espécie nativa de regiões tropicais
- cobertura rápida do solo

- forte fixação de nitrogênio atmosférico
- alta produção de biomassa verde e sementes
- possível ação reguladora de nematóides, entre outras.

Para iniciarmos o estudo sobre as possibilidades da associação da bananeira com uma leguminosa rasteira – neste caso o feijão-de-porco – partiremos de algumas perguntas recorrentes neste tipo de agroecossistema:

(I) A associação com o feijão-de-porco causa algum tipo de limitação no rendimento potencial da bananeira ?

E, se a resposta for afirmativa:

(II) Quando e como se caracteriza o estado de competição pelos fatores de crescimento e de desenvolvimento?

Para tentar responder as questões acima, necessitamos compreender melhor as conseqüências de tal interação no comportamento das espécies, lembrando que a bananeira é definida como espécie principal.

Sobre tal interação, podemos encontrar vários autores afirmando que a data do estabelecimento do consórcio é crucial para o seu êxito, mas poucas são as referências sobre os tipos de limitações agrônômicas provocadas ao longo do ciclo vegetativo de tal sistema.

Para nortear nossas hipóteses, enfatizaremos a Tese de Dependência Trófica da bananeira (figura 01) (Jannoyer, 1995). Consideraremos que os fatores de crescimento e de desenvolvimento e as condições de produção são fundamentais para a determinação dos componentes de rendimento da espécie. Desta forma, supomos, de antemão, que a associação com o feijão-de-porco causa uma modificação das condições do meio cultivado, refletindo principalmente na disponibilidades de fatores de crescimento da bananeira, como a água, os nutrientes e energia luminosa. O estabelecimento desta complexa população vegetal, demanda uma alteração no meio cultivado – em comparação ao monocultivo – porém precisamos compreender melhor quando, como e em que fases uma possível concorrência entre as espécies afetam o rendimento da bananeira.

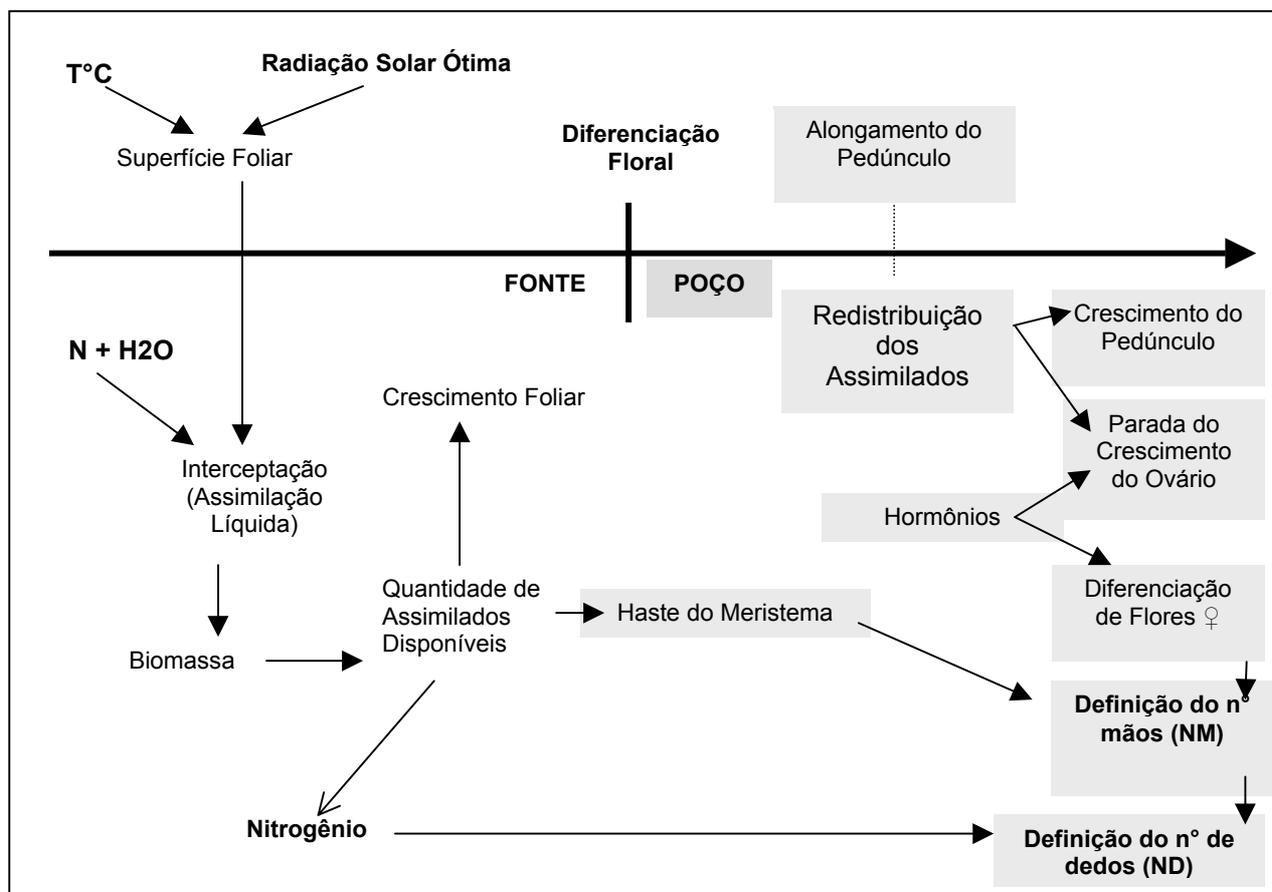


Figura 01: Representação Esquemática das variáveis e fatores que influenciam a elaboração do rendimento da bananeira (adaptado de Jannoyer, 1995, p. 44). (* Dedos = Frutos).

Outro aspecto importante a ser considerado neste tipo de análise é o momento em que a associação é estabelecida. Em outras palavras, a intervenção técnica (na data de plantio e densidade populacional) parece assumir forte influência no comportamento das espécies associadas.

Para avaliar as possibilidades de arranjo espacial e temporal desta associação, o conhecimento da ecofisiologia de cada espécie envolvida torna-se fundamental. A partir da marcação das fases críticas de cada espécie, torna-se possível testar o comportamento de uma associação.

2.1. AS FASES CRÍTICAS DE CADA ESPÉCIE E AS HIPÓTESES DE SEUS EFEITOS NO RENDIMENTO DA ASSOCIAÇÃO

Interpretando Jannoyer (1995), a bananeira atravessa dois períodos críticos durante sua fase vegetativa, influenciando diretamente no seu rendimento final. O primeiro acontece

logo após o plantio, quando a planta procura vencer o estresse inicial¹, definindo seu aparelho fotossintético e o seu sistema radicular. E em região tropical, este período para o cultivar Grande Naine concentra-se geralmente entre os trinta primeiros dias. Vencida esta fase, a planta deverá alcançar seu metabolismo máximo entre 60 e 120 dias, pois a planta necessita aumentar sua reserva de assimilados para iniciar a formação dos primórdios florais. E é neste momento que se define a segunda fase crítica – o estado de metabolismo máximo da planta – aonde a planta depende fortemente de condições favoráveis dos fatores (oferta da energia luminosa, água, nutrientes, etc) e condições do meio (baixa competição e parasitismo).

No caso do feijão-de-porco, Marín & Gouveia (1999) definem também dois períodos críticos durante seu crescimento vegetativo. O primeiro é também no início do ciclo porém sua duração é bem menor que a da bananeira, ou seja, esta fase é vencida após os primeiros 10 dias. Após a fase inicial de intensa produção de folhas e atividade fotossintética, esta espécie chega no seu período mais crítico entre os 60 e 90 dias. Neste momento a planta entra em uma intensa competição interna, passando a alocar suas reservas para a produção de folhas, a formação de flores e o enchimento das primeiras vagens. Neste momento o seu potencial de produção de fotoassimilados reduz drasticamente, equilibrando a relação Demanda-Oferta em reservas.

Todo o referencial sobre a ecofisiologia destas espécies basea-se em sistemas de monocultivos. Assim necessitamos confrontar tais conhecimentos com um sistema associado, onde algumas interações entre as espécies poderão influenciar nos efeitos e/ou na duração destas fases. Desta forma, podemos tentar compreender melhor a evolução do crescimento e desenvolvimento da bananeira, bem como as variações de comportamentos em microambientes distintos e suas conseqüências no rendimento potencial.

Mesmo considerando a dificuldades de confirmar as conseqüências agro-ecológicas de uma associação, em um curto espaço de tempo, é possível observar algumas conseqüências a curto prazo desta associação, em termos do microclima, cobertura do solo e disponibilidade de nutrientes na superfície do solo.

Porém, torna-se importante levantarmos outra questão sobre o estabelecimento da associação, ligada a intervenção técnica:

(III) A data de estabelecimento da associação influencia na intensidade da competição com a bananeira ?

A resposta desta questão deverá auxiliar na definição do arranjo mais interessante do ponto de vista agrônomo para o estabelecimento do consórcio estudado.

¹ Este está relacionado ao período em que a muda busca uma adaptação às condições da parcela,

Contudo, diante do referencial ecofisiológico, podemos construir algumas hipóteses sobre os diferentes tipos de comportamento das espécies envolvidas, principalmente em relação a data de estabelecimento do consórcio.

2.1.1. A associação estabelecida aos mesmo tempo: associação com menor estresse inicial entre as duas espécies

Supomos que este sistema associado simultâneo deverá provocar uma competição pouco prejudicial ao crescimento e desenvolvimento vegetativo da bananeira, pois apesar do feijão-de-porco ter um crescimento bastante agressivo, a fase de cobertura total do solo pela leguminosa acontecerá quando a bananeira já deverá ter estabelecido seu sistema radicular e ter dominado o estrato superior da associação (a interceptação de água das chuvas e energia solar). Assim considera-se que, salve as conseqüências de competição por nutrientes, o rendimento da bananeira deverá ficar próximo ao do sistema de monocultivo, pois a leguminosa ainda poderá compensar a competição mineral aumentando a oferta de nitrogênio no meio, via fixação de N_2 .

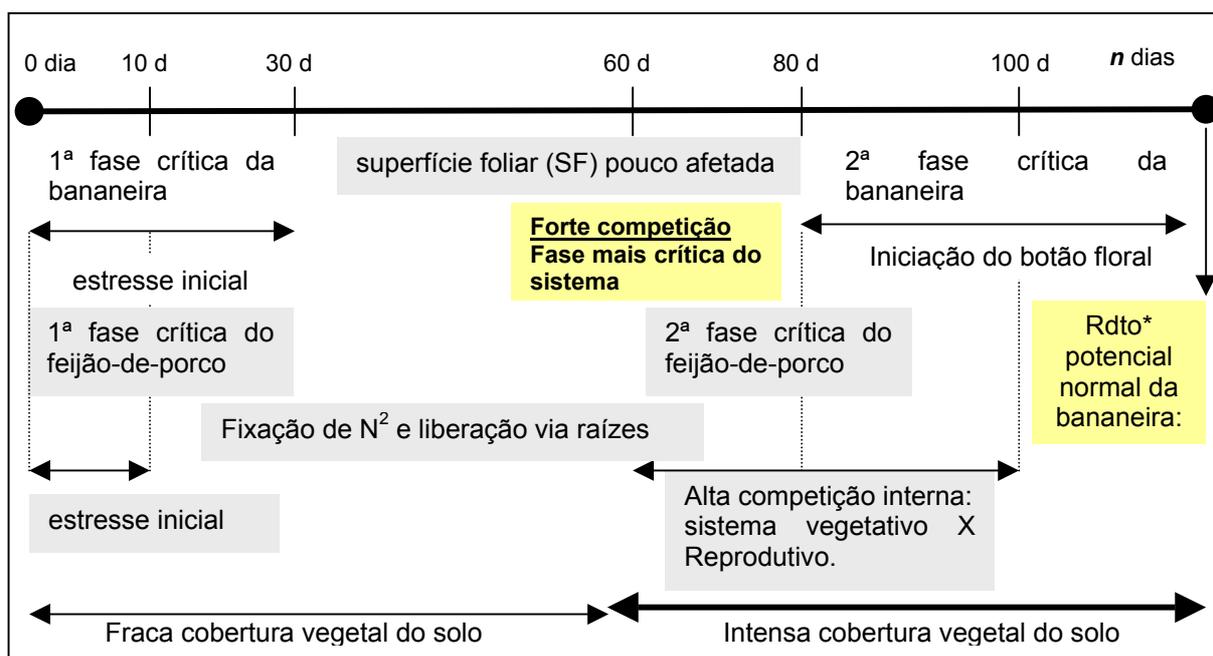


Figura 02 - Esquema sintético sobre a hipótese de comportamento da associação Banana X Feijão-de-porco, com plantio simultâneo. (*) Rendimento

2.1.2. A associação intercalada: maior estresse e redução do rendimento da bananeira

No caso de um estabelecimento antecipado do feijão-de-porco, a bananeira não disporá de condições ideais de crescimento pois aos 60 dias a leguminosa encontra-se-a

para retomar seu crescimento vegetativa normal.

em um estado vegetativo bem desenvolvido e com uma alta demanda por fatores de crescimento e de desenvolvimento. Além do mais, a competição por fatores de crescimento (água, nutrientes, energia solar) deverá dificultar ainda mais a fase inicial de crescimento da bananeira, pois a parcela deverá estar completamente coberta, tanto na parte subterrânea (colonização de raízes) quanto na parte aérea (alta dificuldade de absorção de energia luminosa). E dentro de tal quadro altamente desfavorável para a bananeira, mesmo os fatores positivos da associação (fixação de N_2 , cobertura do solo, etc) terão seus efeitos reduzidos.

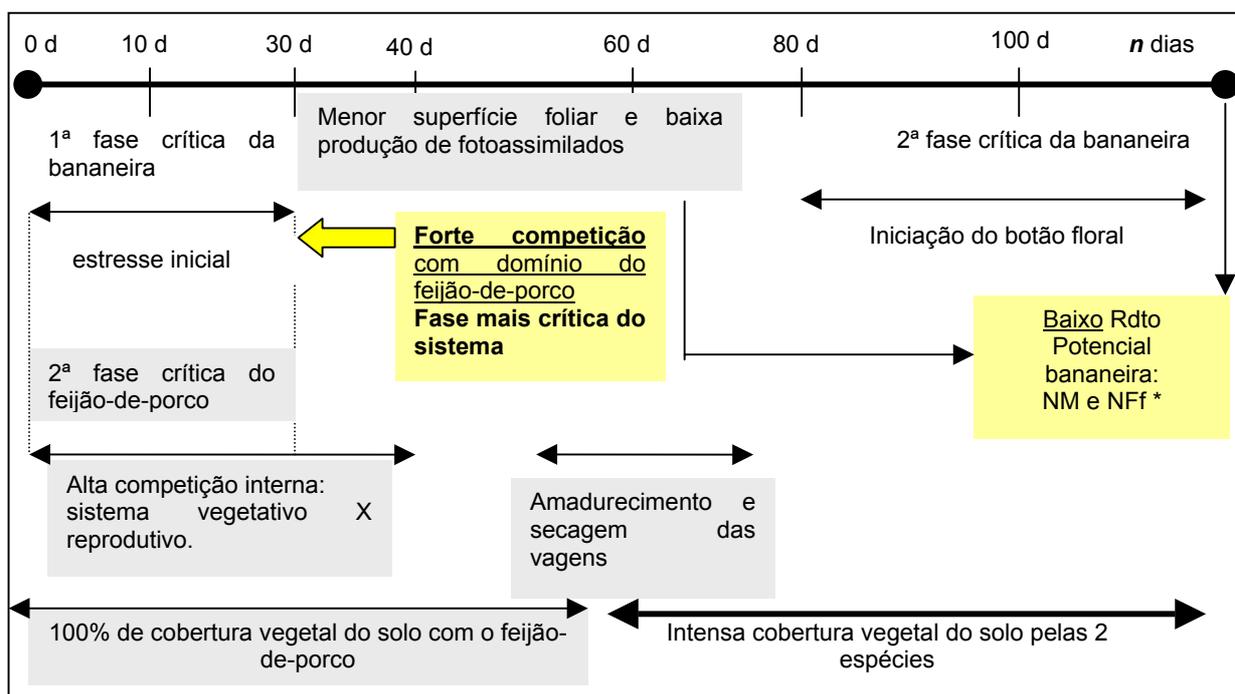


Figura 03- Esquema sintético sobre a hipótese de comportamento da associação Feijão-de-porco X Banana, com plantio tardio da segunda espécie (após 60 dias). * NFf = N° Flores femininas

Portanto, consideramos que em termos de estresse pós-plantio, a primeira associação (a simultânea) garante uma situação de menor competição entre a bananeira e o feijão-de-porco. Ficando a cargo das condições do meio cultivado a possibilidade de confirmar um rendimento interessante do ponto de vista comercial.

Sobre a associação intercalada, acredita-se numa redução considerável do rendimento, porém nos falta indicadores agrônômicos mais precisos sobre quando e como esta limitação se estabelece.

3. OBJETIVO DO ESTUDO

O presente estudo busca avaliar os efeitos da competição por fatores de crescimento e de desenvolvimento (água, nitrogênio e energia solar), evidenciados no cultivo associado entre a bananeira (*M. acuminata* cv. Cavendish "Grande Naine") e o feijão-de-porco (*C. ensiformes* (L.) D. C.), através da elaboração do rendimento potencial durante os 7 primeiros meses do ciclo vegetativo da primeira.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. DO DIAGNÓSTICO AGRONÔMICO A MODELIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTIVO ASSOCIADO

4.1.1 O diagnóstico agrônômico através da elaboração do rendimento: uma nova leitura da parcela cultivada

Algumas iniciativas tem sido postas em prática na busca de uma leitura mais complexa da parcela cultivada. Visando compreender melhor as interações do sistema planta-solo-clima e suas consequências no rendimento final do cultivo, surgiu na década de 70 uma ferramenta de diagnóstico agrônômico que procura levar mais em conta a complexidade da elaboração da produção agrícola – A análise da elaboração do rendimento através de seus componentes.

Segundo Giaglaras (citado por Dufour, 2001, p. 16), a otimização do rendimento é uma prática que consiste em analisar o papel dos diferentes fatores do meio sobre a elaboração. E em um segundo momento, determinar as combinações entre insumos e técnicas de produção que sejam mais eficazes as limitações impostas pelo meio cultivado.

A análise da elaboração do rendimento, via a compreensão dos processos de crescimento e desenvolvimento do vegetal é uma proposta metodológica já bastante aplicada tanto em áreas experimentais, quanto em parcelas cultivadas. Ela permite a realização de uma leitura retrospectiva dos fenômenos envolvidos no processo de formação da produção final da planta, procurando identificar exatamente quando e como ocorreram limitações no rendimento final. Diversos autores tem participado na construção teórica e validação desta metodologia de cunho sistêmico (Sebillotte, 1974; Meynard & Sebillotte, 1983; Jouve, 1984; Meynard, 1985; Meynard & David, 1987; Fabri et al., 1992, De Reynal, 1993; Diouf, 1990; Jannoyer, 1995; Jullien, 2000; entre outros).

A elaboração do rendimento é o resultado de um equilíbrio entre a oferta e a demanda da planta. A primeira é representada pelos fatores do meio e eventualmente pelos órgãos de reserva da planta. Já segunda é criada pela planta para satisfazer suas necessidades de reprodução.

Estes dois fenômenos se traduzem pelo desencadeamento dos múltiplos mecanismos: morfogênese, organogênese, crescimento dos órgãos, etc. (Sebillotte, citado por Dufour, 2001, p. 14). E, cada vez que o fornecimento for insuficiente em relação as necessidades, ela torna-se um fator limitante do rendimento (Fleury et al., citado por Dufour, 2001, p. 14).

Em tese, cada componente do rendimento é formado durante uma fase específica do ciclo da planta, estando sob forte influência das condições do meio cultivado, ou seja, das características edafoclimáticas, da competição pelos fatores de crescimento e das intervenções técnicas realizadas na parcela (Fabri et al., 1992).

Podemos então fundamentar tal procedimento sobre o estudo das relações entre três grupos de elementos: o estado do meio, as técnicas e o povoamento vegetal. E sua concepção é sistêmica, ou seja, busca compreender as interrelações estabelecidas entre os diferentes elementos e assim formalizar um Esquema de Elaboração do Rendimento. Este esquema consiste em um modelo sintético do ciclo vegetal, adicionando-se a ele as interações do meio e das técnicas aplicadas (Jouve, 1992, p. 30-31). O conhecimento do esquema de elaboração permite uma hierarquização, a cada instante, dos efeitos dos estados do meio e assim determinar os fatores limitantes da produção.

Em síntese, Os princípios que norteiam o diagnóstico da elaboração do rendimento são três (Jouve, 1992, 32):

I - O rendimento final de um cultivo é o produto de uma série de componentes: estes são elaborados ao longo do ciclo da planta, seguindo processos específicos. Assim podemos, a partir do rendimento final, decompô-los em vários elementos (ex. número de plantas/m²; número de frutos/planta; peso do fruto);

II – A elaboração de cada componente depende de um certo número de fatores e condições do meio. Desta forma, podemos afirmar que o número de plantas está em função da densidade do plantio e das condições da germinação e de crescimento das mesma (temperatura, umidade, estrutura do solo, etc.);

III – Os fatores e condições do meio são dependentes parcialmente das técnicas aplicadas no cultivo. Assim, as condições de germinação e crescimento da planta estão também em função do preparo do solo, como também a data de plantio e o modo de plantar.

Portanto, trata-se de uma leitura agrônoma, baseada na transversalidade existente entre as várias disciplinas das ciências naturais, recompondo a complexidade existente em uma atividade agrícola que objetiva uma determinada produção vegetal.

Podemos ainda afirmar que o próprio diagnóstico agrônomo pode ser baseado, muitas vezes, em modelizações simples (lineares) que relacionam fatores do meio e fases do crescimento/desenvolvimento da planta. Podemos citar como exemplo, as diversas relações do balanço hídrico com a produção de biomassa.

Porém, o desenvolvimento de modelizações mais complexas tem possibilitado uma maior compreensão da complexidade dos sistemas agrícolas, tanto na escala da parcela como as possibilidades de extrapolação em escala regional.

4.1.2. A Modelização do agro-ecossistema: concepção teórica e aplicação prática

Segundo Meynard et al. (2001), a modelização se insere em um contexto mais específico na busca do melhoramento do sistema de cultivo. Este procedimento inicia pela definição do problema do sistema de cultivo e de sua escala de apreensão. No segundo passo, necessita-se de uma modelização do agro-ecossistema que seja adaptado ao problema detectado, mobilizando-se as disciplinas de apoio na construção do mesmo (pedologia, ecofisiologia, bioclimatologia, etc) para a definição das variáveis de entrada que possam aumentar a eficiência do funcionamento do modelo. E nesta etapa de construção do modelo, o diagnóstico agrônomo assume o papel de orientação do modelo pois permite uma hierarquização dos processos importantes a serem considerados em uma dada região. Em uma terceira etapa, o modelo é utilizado para determinar os cenários técnicos, permitindo uma maior precisão dos objetivos a serem alcançados (em termos de produção, ambiental, etc). De uma forma simples, podemos dizer que a modelização da natureza agroecológica permite a formulação de cenários (favoráveis ou não), servindo de suporte para a determinação mais eficaz dos ensaios agrônômicos voltados as demandas dos agricultores.

Muitos estudos recentes buscam a determinação de modelos que possam prever os novos sistemas de cultivos agrícolas, tendo como preocupação central a busca de regras de decisão que respeitem as especificidades do meio envolvente em questão (aspectos econômicos, ambientais, sociais). A comparação via simulação da mudança das regras de decisão possibilita uma interação entre o modelo e o usuário

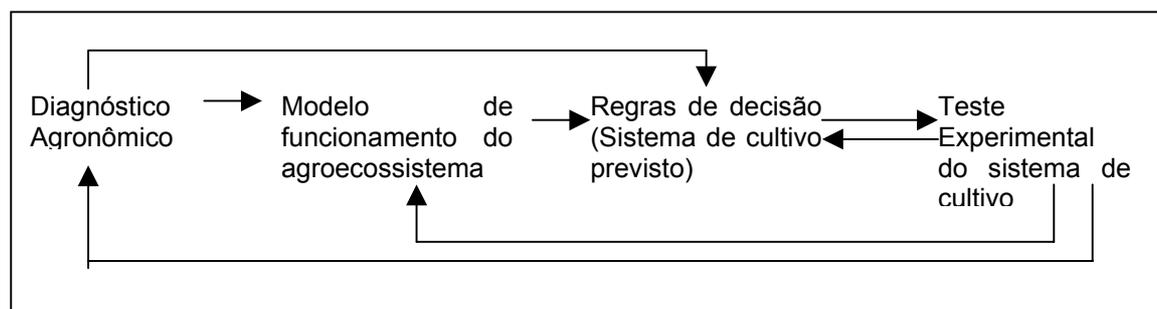


Figura 04: A modelização como um procedimento de melhoramento dos sistemas de cultivo (Meynard et al., 2001).

4.1.3 A modelização dos sistemas de cultivo agrícola

Os estudos agronômicos aplicados vem investindo cada vez mais em metodologias que permitam uma melhor utilização dos conhecimentos acumulados pelos métodos clássicos (ensaios experimentais).

Os profissionais de ciências agrárias assumem um importante papel na concepção de sistemas de cultivos mais adaptados as diversas situações de meio agro-climático e práticas de intervenção agrícola. Porém, dispõe-se ainda de limitadas ferramentas metodológicas que simulem e testem novos referenciais técnicos de produção. E neste contexto, a implantação de ensaios experimentais ainda mantém-se como a base desta concepção, embora apresente sérios limites quanto ao seu grau de representatividade.

Muito se tem avançado em termos de reflexões científicas sobre as limitações embutidas nos ensaios agronômicos clássicos (meio controlado) e sua posterior aplicação em meio real (parcelas dos agricultores). Podemos citar algumas destas limitações relacionadas a representatividade, como: a) a grande heterogeneidade dos agro-ecossistemas existentes, mesmo em uma pequena região; b) as diferentes situações climáticas com características cíclicas e; c) as diferentes práticas agrícolas exercidas pelos agricultores, ligadas intimamente aos aspectos ambientais, econômicos e sociais, etc.

A evolução deste debate tem reforçado a aplicação de novas ferramentas que aumentem a eficiência dos ensaios agronômicos, na proposição de alternativas técnicas para os agricultores. E a modelização do sistema água-solo-planta tem um papel importante nesta nova leitura da exploração agrícola.

4.1.4. A modelização do funcionamento de uma parcela cultivada

Segundo Bonhomme (1995), um modelo de funcionamento de cultivo pode ser definido como um conjunto de relações matemáticas que permitem abordar de forma simples o funcionamento de um cultivo em um meio dado. Um modelo é composto classicamente por: a) variáveis de entrada; b) parâmetros relativos aos diferentes processos que dependem da espécie e genótipo em questão e; c) das variáveis de saída do modelo, como a produção, consumo dos diferentes elementos, etc.

De uma forma geral, o uso da modelização objetiva chegar a uma interpretação quantitativa e dinâmica da ação combinada dos diferentes fatores ambientais e intervenções humanas, sobre o funcionamento de um povoamento vegetal. Duas escalas são bem evidentes neste tipo de ferramenta metodológica: a espacial e a temporal (Bonhomme, 1995).

Sobre a escala espacial, as informações pesquisadas na saída do modelo estão relacionadas ao funcionamento da parcela cultivada em um determinado ambiente (escala

do cultivo, do ciclo vegetativo), onde pretende-se integrar os fenômenos relacionados ao este funcionamento. Aqui o cultivo é visto como uma população de plantas e seus organismos (folhas, raízes, reservas, etc) (Bonhomme, 1995).

No caso da escala temporal, esta é imposta pelo níveis de integração espacial pesquisados. Sobre os casos precedentes, implica em escolhas de escalas de tempo, onde podemos ter dados horários na entrada do modelo e uma escala mensal para os dados de saída do mesmo. E, a partir de um simples princípio de produção de biomassa, os modelos são pouco a pouco complexificados para poderem abranger a formação das diferentes partes da planta.

Todos os modelos criados podem ser decompostos em 3 grandes módulos:

1) Módulo Fenológico – O ciclo da planta é uma sucessão de aparição e evolução de órgãos.

2) Módulo da Produção e definição dos órgãos – a produção fotossintética será orientada pelos diferentes órgãos e suas diferentes prioridades no tempo.

3) Módulo das limitações – Os constrangimentos do meio terão impactos diferenciados sobre os estados da população vegetal. Estes podem ser hídricos, minerais, fitossanitários, etc. (Bonhomme, 1995).

4.1.5. Aspectos importantes sobre o modelo STICS

Citando Parnaudeau et ali. (2001), o modelo STICS simula os principais processos do solo, como a transformação do nitrogênio (mineralização e transformação orgânica). Também trata os processos nutricionais da planta (absorção de água e minerais pelas plantas), como o fluxo da água no agroecossistema (evaporação, transpiração e drenagem). Neste modelo, o solo é considerado um reservatório com suas várias camadas (horizontes), onde cada horizonte é caracterizado pelo seu teor de água e nitrogênio mineral. O STICS é um modelo do tipo engineering (Passioura, 1996) que considera os principais indicadores da planta, do solo e climático, para a produção de matéria seca. Seus dados de entrada são relativamente simples.

Sua primeira validação foi realizada para sistemas de cultivo em solo com apenas duas espécies de cultivo (trigo e milho) (Brisson, 1998) e sem considerar os efeitos das adventícias. Depois o STICS foi parametrado para o cultivo associado de Colza e centeio devido a grande capacidade destas espécies em cobrir todo o solo.

Parnaudeau et ali. (2001) desenvolvem atualmente uma adaptação do modelo para avaliar os impactos em bacias hidrográficas da perda de nitrato pela exploração agrícola, estando o estudo em fase de redefinição do modelo.

Para Martine (2000) o emprego de modelos de crescimento dinâmico em cana-de-açúcar que integra o balanço hídrico as resposta da planta ao estresse hídrico permite

definir com muito mais precisão a otimização da irrigação evitando assim gasto desnecessários com esta exploração.

Além do STICS, vários tipos de modelos aplicados a produção agrícola são desenvolvidos e validados atualmente, como: CANEGO, APSIM-SUGAR, Q-CANE e MOSICAS (Martine, 2000) e SARRA (Baron et al. 2000), etc. E a maioria destes modelos funcionam segundo uma mesma lógica, ou seja, fazem a associação entre o crescimento do cultivo vegetal e o balanço hídrico e/ou nutricional do sistema água-solo-planta. Lembrando sempre que a elaboração da dinâmica da biomassa resulta de 3 processos básicos: a) a interceptação da radiação pela superfície foliar; b) a conversão da radiação interceptada em biomassa aérea e; c) a repartição interna da biomassa produzida. Segundo as necessidades de crescimento, a biomassa pode ser repartida em partes na estrutura da planta: as folhas, caule e raízes (captadores) e nas fibras do caule (órgãos de sustentação e estocagem). Nesta lógica, o índice foliar calculado permite definir as necessidades hídricas da planta (Martine, 2000).

O modelo STICS vem sendo testado e validado desde o final da década de 80, com resultados muito promissores para a construção de cenários na produção agrícola. Ele possibilita a variação de fatores e condições do meio cultivado (solo e clima), as espécies cultivadas e em alguns casos a associação de espécies. E ainda possibilita a simulação da mudança de técnicas de intervenção na parcela cultivada.

Em termos de resultados, podemos citar:

- para o modelo MILHO, ele é capaz de estimar a produção com um erro menor que 7,2 kg/ha;

- para o SORGO, este erro está na faixa de 9,5 kg/ha;

- Devido sua generalização e boa precisão, o STICS permite uma utilização como ferramenta de apoio ao aconselhamento técnico tanto na escala da parcela agrícola, quanto em uma escala regional (Tayot et al. 1999).

Atualmente este modelo passa por novas adaptações, principalmente na formalização de sistemas de cultivo associado (Brisson, 1998).

No caso da associação banana e feijão-de-porco, este ainda encontra-se em fase de adaptação pois tem-se a base do modelo puro (monocultivo) e atualmente tenta-se incorporar as duas espécies em um mesmo modelo.

4.1.5.1. Explicando o modelo STICS

O STICS é um modelo de simulação do funcionamento dos cultivos agrícolas. Suas variáveis de entrada são relativas ao clima, aos cultivos. E suas variáveis de saída estão baseadas na produção (quantidade e qualidade), ao meio ambiente e à evolução das características do solo cultivado. O STICS foi concebido como uma ferramenta de simulação

operacional em condições agrícolas. Seu principal objetivo é de simular as conseqüências das variações do meio e do sistema de cultivo sobre a produção de uma parcela cultivada. Ele também é uma ferramenta de colaboração e de transferência dos conhecimentos para domínios científicos relacionados ao meio agroecológico.

Além de considerar os diversos conhecimentos básicos das disciplinas clássicas ligadas ao meio cultivado (ligadas ao clima, solo e planta) ele apresenta no seu bojo, dados e informações particulares que buscam caracterizar o modelo em diferentes situações de estudo.

A originalidade do STICS reside na sua característica genérica (se adapta facilmente as diversas espécies de plantas cultivadas) e modular (facilita a evolução do modelo, ou seja, na readaptação para outras situações de cultivo).

Ele apresenta uma estrutura de recepção de módulos representando cada um dos processos envolvidos no funcionamento do povoamento vegetal. Para cada módulo, algumas limitações devem ser respeitadas:

I - robustez: a utilização do modelo para sistemas de cultivos diferentes dos originais (clima, solo, planta e os itinerários técnicos aplicados) não deverá causar erros significativos pois esta qualidade engendra geralmente uma diminuição da precisão local e para uma espécie dada;

II – facilidade de acesso aos parâmetros e variáveis de entrada.

O objeto simulado é a situação do meio cultivado e o seu itinerário técnico. Já os grandes processos simulados são o crescimento e o desenvolvimento do cultivo, assim como os balanços hídrico e do nitrogênio. As formalizações escolhidas respondem as mais freqüentes analogias conhecidas ou sobre a simplificação de formalizações mais complexas. As funções utilizadas são também de qualidade genérica, permitindo suas aplicações a diversos cultivos.

O modelo STICS está escrito na linguagem FORTRAN 77 e pode funcionar sobre um microcomputador padrão compatível PC dentro de um ambiente Windows.

A versão 4.0 resultou de uma reunião em set/1998 do grupo STICS.

4.1.5.1.1. Resumo descritivo do modelo STICS

STICS é um modelo dinâmico, que simula o comportamento do sistema solo-planta ao longo de um ano, analisando dados diários. O limite superior é a atmosfera, caracterizada pelas variáveis climáticas padrões (radiação solar, temperaturas mínima e máxima, pluviometria, evaporação de referência e, eventualmente, o vento e a umidade). O seu limite inferior corresponde a interface solo / subsolo (Manuel du utilisateur STICS, 1999).

A planta cultivada é apreendida globalmente pela sua biomassa aérea e seu teor em nitrogênio; seu índice foliar e seus órgãos de produção. Os órgãos vegetativos (folhas,

ramificações ou galhos) não são especificados no modelo. O solo é entendido como uma sucessão de camadas horizontais, sendo cada uma caracterizada por sua reserva hídrica, teor de nitrogênio mineral e orgânico. As interações entre o solo e o cultivo são asseguradas pelas raízes, interpretadas pela distribuição da densidade radicular no perfil pedológico.

O STICS simula o balanço do carbono, da água e do nitrogênio do sistema e permite calcular as vezes as variáveis agrícolas (rendimento, consumo de insumos, etc) e outras variáveis comuns nas diversas situações agrícolas (perda de água e de nitrato).

O crescimento do cultivo é pilotado de forma bem clássica em relação ao balanço do carbono. Em outras palavras, via a interceptação da radiação solar pelas folhas e transformação em biomassa aérea que é orientada pelos órgãos a serem colhidos durante a fase final do ciclo.

O balanço do nitrogênio é estimado paralelamente ao balanço do carbono, do qual ele depende em parte. Dependendo das características da planta, o desenvolvimento do cultivo é pilotado seja por um índice térmico (soma de $T^{\circ}\text{C}$ em graus/dia). O modelo de desenvolvimento é utilizado para: a) fazer evoluir o índice foliar e; b) definir a fase de enchimento dos órgãos reprodutivos. A existência eventual de estresse hídrico e de nitrogênio é considerado através de 3 índices que podem reduzir o crescimento foliar e a acumulação de biomassa em condições de alimentação limitante. Estes índices são calculados em relação ao balanço hídrico e do nitrogênio.

Uma atenção especial é dada para o efeito das técnicas aplicadas sobre o funcionamento do sistema solo-cultivo-clima, pois a especificidade do cultivo repousa geralmente no seu funcionamento ecofisiológico, mais também sobre o itinerário técnico aplicado na condução do povoamento vegetal.

O modelo STICS está organizado em módulos (ver esquema abaixo). Cada módulo comporta um certo número de sub-programas (ou sub-módulos) tratando assim de mecanismos específicos. Um primeiro conjunto de 3 módulos trata da ecofisiologia das partes aéreas das plantas (desenvolvimento, crescimento aéreo, elaboração do rendimento). Um segundo conjunto de 4 módulos trata do funcionamento do solo em interação com as partes subterrâneas das plantas (crescimento radicular, balanço hídrico, balanço do nitrogênio, transferências, etc). A interface é feita por um outro modelo de gestão das interações entre as técnicas aplicadas e o sistema solo-cultivo, que fornece água, nutrientes ou o microclima.

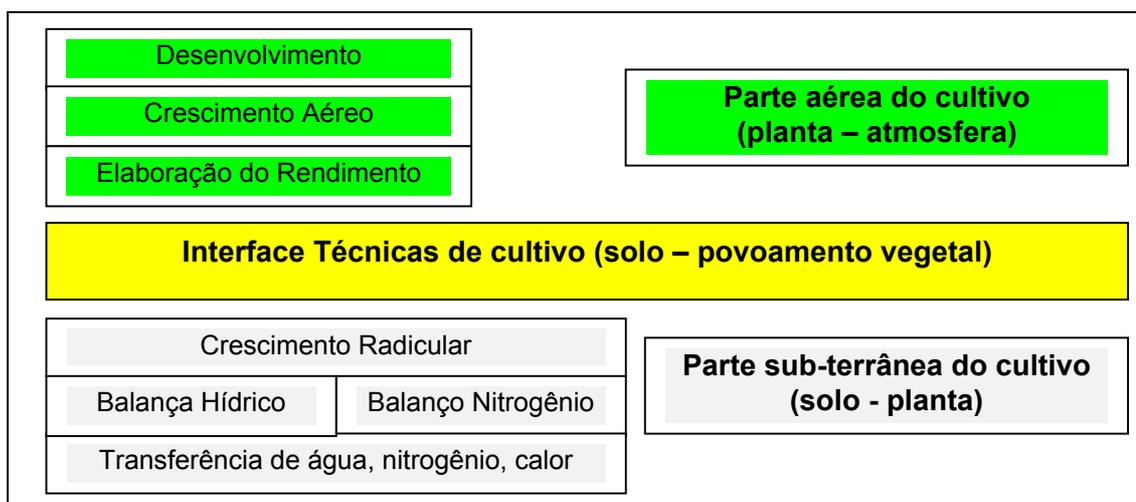


Figura 05: Organização esquemática dos módulos que compõem o modelo STICS.

Ainda em relação a modulação adotada pelo STICS, um novo princípio foi adotado na sua última versão, visando aumentar a flexibilidade do mesmo. Introduziu-se um certo número de sub-modelos opcionais com dois objetivos:

- permitir o teste das escolhas de formalizações dentro do modelo (ex. opção densidade radicular verdadeira / perfil padrão, efeito da temperatura sobre o enchimento de grãos, etc.).

- permite estender a adaptação do modelo a sistemas de cultivos variados (ex. opção cultivo de crescimento determinado ; indeterminado, opção macroporosidade do solo, opção cultivo ceifada, etc).

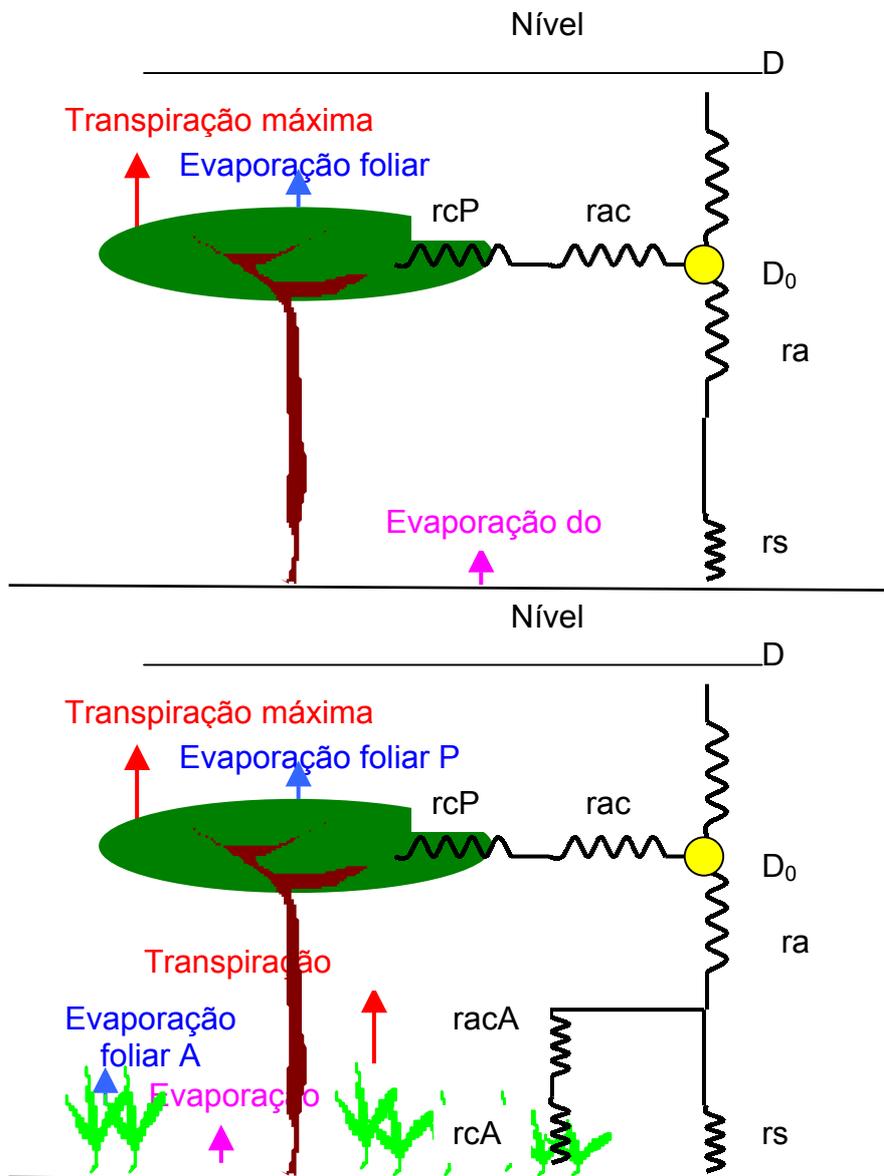


Figura 06: Representação esquemática dos compartimentos do modelo STICS (Manuel du utilisateur STICS, 1999).

4.1.5.1.2. Algumas precisões da constituição interna do modelo STICS

4.1.5.1.2.1. A Intercepção da radiação solar

O modelo utiliza um sub-programa para calcular a radiação solar para um cultivo homogêneo. A radiação interceptada pelo cultivo é determinada segundo a Lei de Beer, onde $EXTIN$ é um coeficiente de extinção diária.

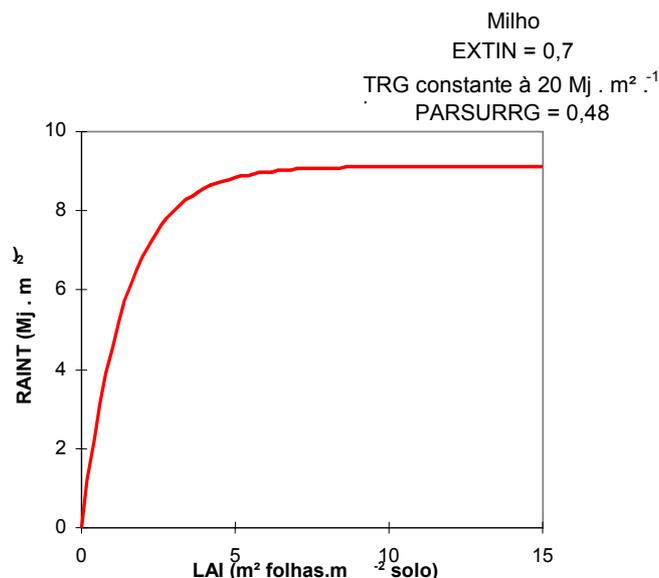


Figura 07: Modelo geral de interceptação da radiação solar pela planta STICS (Manuel du utilisateur STICS, 1999).

sendo a fórmula:

$$RAINT = 0,95 * PARSURRG * TRG \{1 - \exp(-EXTIN * LAI)\}$$

4.1.5.1.2.2. A água no modelo

Existe um sub-modelo no STICS que calcula as quantidades de água que chegam no solo, após o percurso sobre a vegetação.

A quantidade de água irrigada pode também ser considerada como um dado de entrada no modelo, ou mesmo pode ser simulada por ele. O modelo considera um calendário de irrigação dado que intervém logo após a data do plantio, através dos parâmetros ecofisiológicos da planta cultivada.

No caso da interceptação de água pelas folhas, o modelo utiliza um outro sub-modelo chamado Stemflow que estima a quantidade de chuva incidente em relação a função do aumento do índice foliar da planta, ou seja:

$$Stemflow = precipit * stemflow\ max (1 - \exp(-kstemflow\ LAI))$$

O parâmetro stemflow máximo pode variar de 0,2 a 0,5. O parâmetro kstemflow é de menor precisão e pode ser considerado inicialmente semelhante ao coeficiente de extinção da radiação solar, utilizado anteriormente.

No caso da água que permanece na superfície foliar, é medida graças a um fator de umidade da folha e depende das propriedades da superfície foliar de cada espécie: forma, textura e pilosidade das folhas. No caso da banana, este parâmetro apresenta um valor padrão estimado em 0,68.

No caso da água que chega na superfície do solo, o modelo realiza um cálculo de eficácia da infiltração da água no solo, que vai sempre depender das características do solo cultivado. E dessa forma, o STICS simula um situação ideal de irrigação.

4.1.5.1.2.3. A disponibilidade de nutrientes no solo

Lembramos que o STICS considera o Nitrogênio e o Carbono como elementos fundamentais na determinação do rendimento da planta.

O programa calcula os parâmetros de decomposição para 8 diferentes categorias de resíduos orgânicos, e reparte os resíduos dentro de um perfil do solo, em função das operações de trabalho no mesmo. A apresentação dos fluxos de carbono e nitrogênio ao longo do processo de decomposição dos diferentes resíduos orgânicos é a seguinte:

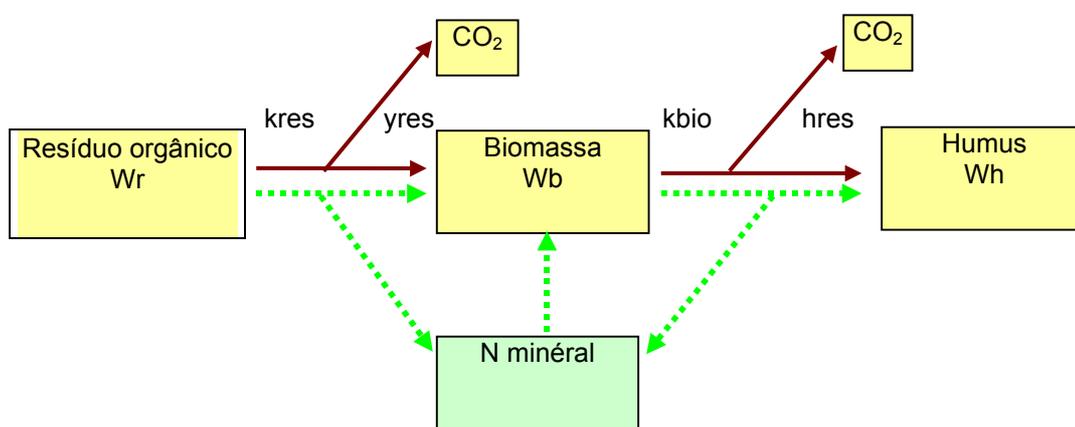


Figura 08: Modelo geral do fluxo de nutrientes e formação da biomassa vegetal STICS (Manuel du utilisateur STICS, 1999).

Este modelo é definido por 6 parâmetros:

- 2 constantes de velocidade de decomposição (kres, kbio);
- 2 parâmetros de rendimento (yres, hres) e;
- 2 relações N/C (wb, wh)

Os parâmetros (constantes ou calculados) estão definidos em função da relação N/C do resíduo orgânico (CN res). O parâmetro obtido é específico de cada categoria, ou seja, resíduo do cultivo principal (vegetal maduro); resíduo do cultivo secundário (vegetal jovem); adubos; compostos; vinhaça, etc.

O STICS também leva em consideração as práticas realizadas no preparo do solo. Seus efeitos são incluídos nos resíduos orgânicos nas camadas do solo afetadas pela prática, pois os mesmos estão relacionados às condições hídricas de temperatura do solo que vão afetar a disponibilidade de nitrogênio mineral.

4.2. O CULTIVO DA BANANEIRA: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS REFERENCIAIS AGRO-ECOFISIOLÓGICOS DO CULTIVAR CAVENDISH "GRANDE NAINÉ".

Conforme Simmonds, citado por Dantas et al. (1999, p.27), as bananeiras que originam frutos comestíveis pertencem a classe das Monocotiledôneas, ordem Scitaminales e família Musaceae. Podemos ainda subdividir as Musaceae em: Heliconioideae, Strelitzioideae e as Musoideae, sendo esta última a que mais interessa neste estudo (figura 06).

As Musoideae englobam os gêneros *Ensete* e *Musa*. O segundo divide-se ainda em quatro seções: Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys e (Eu-) Musa (quadro 02). A seção Musa é considerada a mais importante por comportar o maior número de espécies e uma grande abrangência geográfica, no tocante as espécies comestíveis (Champion, 1963, p.2-7).

Atualmente, a classificação proposta por Cheesman (citado por Dantas et al., 1999, p.28) é a mais aceita para o gênero *Musa*. A mesma baseia-se no número básico de cromossomas, dividindo-o em 2 grupos: espécies com n=10 cromossomas, pertencentes as seções Australimusa e Callimusa e; espécies com n=11 cromossomas, enquadradas nas seções Rhodochlamys e Musa.

Quadro 02 - Classificação das bananeiras utilizadas no consumo humano

Classe	Ordem	Família	Sub-família	Gênero	Seção
Monocotyledoneae	Scitaminales	Musaceae	Musoideae	Musa	Australimusa e Callimusa
					Rhodochlamys e Musa

Fonte: Adaptado de Champion (1963,p.5).

Ao longo do processo evolutivo da bananeira², destacaram-se as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, imprimindo assim combinações variadas entre os genomas representativos destas espécies dominantes. Estes genomas são caracterizados pelas letras: A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*). Entre as diversas cultivares existentes, podemos citar os principais grupos genômicos das bananeiras: AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB, ABBB.

Dentre as cultivares com genomas acuminata, nos concentraremos especialmente no grupo triplóide AAA e, mais especificamente, no subgrupo Cavendish, por comportar a cultivar Grande Naine, principal objeto de nosso estudo. E este subgrupo é composto ainda de 5 classes diferenciadas principalmente pelo porte da cultivar (quadro 03). Estando a

² A grande maioria das cultivares tem origem asiática. Porém existem vários centros de origem secundários no continente Africano e em ilhas do Pacífico.

Grande Naine preferencialmente adotada nas ilhas do Caribe devido sua resistência a doenças e aos ventos fortes, além de apresentar bom rendimento em frutos de alta qualidade para o mercado mundial.

Quadro 03 - algumas características agrônômicas do subgrupo Cavendish

Classe	Altura (m)	Peso Cacho	Ciclo	Rdto (ton/ha)	Observação
Grande Naine e Williams Hybrid (ou Giant Cavendish)	2 a 3 porte baixo	31 a 40 kg (9-11 pencas)	11 meses	50 a 60	Resistência parasitária e a ventos fortes
Nanica ou Dwarf Cavendish	1,5 a 2,0 porte muito baixo	25 a 45 kg (10-13 pencas)	11 meses	60 a 80	Fácil manejo
Nanicão, Burrón e Valery	3 a 3,5 porte médio-baixo	25 a 50 kg (10-15 pencas)	11 meses	50	Susceptível a fortes ventos
Poyo e Robusta	3 a 3,5 porte médio	Próximo da Nanicão	12 meses	50	Susceptível a fortes ventos
Lacatan	3 a 3,5 porte alto	Próximo da Poyo	13-14 meses	Próximo a Poyo	Susceptível ao acamamento

Fonte: adaptado de Champion (1963, p.19) e Dantas et al. (1999, p. 88-93).

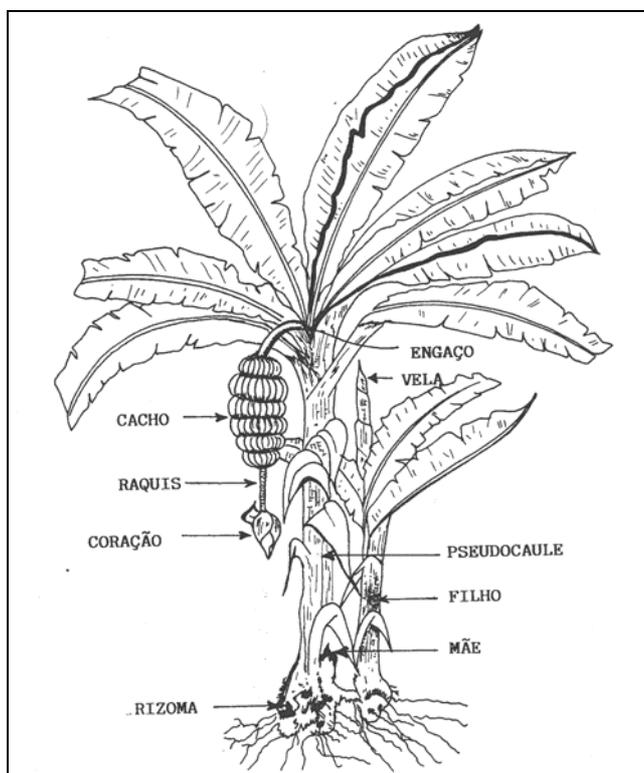


Figura 09: aspecto geral da bananeira (*M. spp.*).
Fonte: Dantas et al. (1999, p. 48).

4.2.1. Referenciais agro-ecofisiológicos da bananeira

Seguindo o modelo geral de qualquer espécie vegetal, a bananeira passa por diversas modificações estruturais, qualitativas e quantitativas. Segundo revisão de Ganry (1980, p.2), podemos defini-las temporariamente por 3 fenômenos elementares:

- O *Crescimento*: o aumento irreversível das dimensões, expressas pelo comprimento superfície, volume e massa. Ele se expressa em termos quantitativos, como por exemplo, o comprimento da folha da bananeira, diâmetro do pseudo-caule, etc.

- A *Diferenciação*: exprime a variação de ordem qualitativa. Ela age nas modificações morfológicas acompanhada pelas freqüentes modificações funcionais, resultando em modificações químicas. Este fenômeno pode ser considerado parcialmente reversível (emissão de folhas e raízes);

- O *Desenvolvimento*: é um termo muito mais geral e pode ser definido como a evolução global do funcionamento da planta resultante, em primeiro lugar, das modificações qualitativas devido à diferenciação. Esta evolução encontra-se indissociada das modificações quantitativas devido o crescimento. As variações quantitativas e qualitativas estão extremamente imbricadas durante todo o ciclo de uma planta. Assim, o desenvolvimento não poderá ser expresso por uma medida direta, pois todo o processo está estreitamente ligado.

4.2.1.1. As fases do ciclo da bananeira: referência a cultivar Grande Naine

Em se tratando do primeiro ciclo de vida de uma bananeira, a planta passa por algumas etapas bem marcantes, até alcançar a maturidade (figura 11). Estas etapas são caracterizadas pelas mudanças estruturais no aparelho fotossintético (sistema foliar e pseudo-caule) e nos órgãos de captação e sustentação (rizoma e raízes).

4.2.1.1a. Fase Vegetativa 01: o estresse pós-plantio

Esta etapa depende, além das características do material propagativo, das condições do meio (clima e solo). Ela vai da data do plantio até o lançamento das primeiras folhas funcionais, que marca o início do ciclo vegetativo. É neste momento que o rizoma utiliza suas reservas (matéria seca) para iniciar uma rápida emissão de raízes e folhas, permitindo uma eficiente absorção de água e nutrientes minerais. Lavigne (citado por Jannoyer, 1995, p.24) afirma que a emissão de raízes (rizogênese) nesta fase, não pode ser considerada uma resposta ao estresse, mas sim um fenômeno normal do desenvolvimento da planta. A velocidade de retomada do crescimento vegetativo varia também com o tipo de muda utilizado. No caso dos rebentos (perfilhos) esta retomada depende fortemente do tempo que a planta utiliza para lançar a primeira folha fotossintetizante e balancear a relação oferta/demanda de assimilados, Gousseland & Lavigne (citados por Jannoyer, 1995, p.). Ao

longo desta fase, que pode durar aproximadamente 30 dias³, o ritmo de emissão foliar (Filocromo) mantém-se lento.

4.2.1.1b. Fase Vegetativa 02: crescimento e desenvolvimento da hélice foliar

Após o estresse inicial, a planta acelera seu metabolismo fotossintético graças ao estabelecimento dos primórdios foliar e radicular. Aqui teremos uma planta jovem, buscando constituir uma estrutura suficientemente capaz de chegar a um máximo de produção e acumulação dos fotoassimilados. Podemos observar na disposição foliar, um ângulo preciso entre duas folhas sucessivas de 156°, definindo uma Filotaxia de 3/7 desde que não haja limitações nutricionais (Champion & Charpentier, 1970, p.7). Nesta etapa ocorre uma redistribuição da biomassa, onde as folhas participam com quase metade da matéria seca total (Jannoyer, 1995, p.26). A água representa cerca de 90% do peso fresco.

4.2.1.1c. Fase Vegetativa 03: Metabolismo máximo, estabilidade da emissão foliar e preparação para o início da diferenciação floral

A passagem do meristema apical, do estado vegetativo para o estado reprodutivo, é um momento decisivo no rendimento pois o número máximo de mãos formadas na inflorescência é constante e igual a 11 (Turner, Ganry, Holder & Gumbs; citados por Marchal & Jannoyer, 1993, p.38), mas a produção de frutos dependerá da oferta de fotoassimilados.

A diminuição do ritmo de emissão foliar e o aumento rápido da superfície foliar da planta ou da largura das folhas do rebento, são os indicadores sensíveis da iniciação floral. E, pouco antes da iniciação floral, a relação carbono/nitrogênio diminui na folha pois os carboidratos diminuem e a taxa de nitrogênio aumenta (Simmonds & Stover e Fayek et al.; citados por Marchal & Jannoyer, 1993, p.38). Neste momento, a bananeira entra em uma das fases mais críticas do seu ciclo, após o estresse inicial. A demanda por água e nutrientes (principalmente o nitrogênio) é bastante elevada e qualquer déficit poderá acarretar em perdas no rendimento potencial da planta (Jannoyer, 1995, p.39). Nesta fase, o processo de iniciação floral começa a ser desencadeado dentro do charuto foliar (pseudo-caule). A planta já tem definido seu máximo de produção de matéria seca, sendo mais de 80% proveniente do sistema foliar (folhas e pseudo-caule), reduzindo assim a participação do sistema radicular, devido o fim da rizogênese da planta-mãe (Jannoyer, 1995, p.33). Após alcançar o máximo do metabolismo, a planta estabiliza o número de folhas fotossinteticamente ativas, ou seja, para cada folhas senescente o pseudo-caule lança uma nova folha, mantendo uma superfície foliar pouco alterada.

³ Nas condições de clima e solos de Guadalupe e da Martinica, ou seja, em regiões tipicamente tropicais (Ganry, 1980).

Sobre o desenvolvimento do sistema radicular, Godefroy (1969) estudando o perfil agro-pedológico⁴ de solos ferralíticos, observou que o desenvolvimento radicular da bananeira é bastante superficial, concentrando 90% da biomassa subterrânea nos primeiros 20 cm. Porém, esta distribuição radicular varia de acordo com o tipo de solo e sua declividade, podendo até limitar-se aos 10 cm. A relação entre a fertilidade e o desenvolvimento radicular é bem mais difícil de ser evidenciada, quando o cultivo é praticado de forma intensiva (mecanizada), devido as inúmeras interações em jogo. De uma forma geral, os fatores limitantes da fertilidade são o déficit hídrico na estação seca e a baixa fertilidade dos solos em elementos minerais. No caso do cultivo sem adubação, a absorção mineral e hídrica da planta está estreitamente ligada ao volume de solo explorado pelas raízes. Já no caso dos cultivos adubados, esta noção da exploração do volume de solo pelo sistema radicular perde um pouco a importância. Assim, as mudanças de horizontes são desfavoráveis ao desenvolvimento em profundidade das raízes da bananeira. Quando os horizontes são bem diferenciados, as técnicas devem agir na mistura destes para proporcionar uma passagem mais difusa dos horizontes e facilitar o aprofundamento das raízes. Em solos vulcânicos e aluviões, nota-se que a relação entre fertilidade e desenvolvimento radicular estão ligados a textura e estrutura dos horizontes e, os melhores enraizamentos foram observados em solos aluviais, particularmente nos horizontes com textura argilo-arenosa. Em solos mais compactados, o sistema radicular é muito mais superficial, estando a maior densidade radicular intimamente ligada a espessura do horizonte húmico. E finalmente, a sanidade fitossanitária dos solos é crucial para um efetivo desenvolvimento do sistema radicular da bananeira.

4.2.1.1d. Fase Reprodutiva: diferenciação sexual da inflorescência ou determinação do Rendimento Potencial da planta

O fim do desencadeamento dos estágios florais (principalmente a definição das flores femininas) corresponde a fase do início do alongamento do pedúnculo floral (Lassoudière, 1978 e 1980), onde a relação comprimento X largura das folhas se destaca ao máximo (Ganry, 1980).

Embora o início desta etapa não seja visível, estudos recentes (Ganry, 1980, p.10; Jannoyer, 1995, p.42) dão conta de que a diferenciação floral tem seu início no interior do pseudo-caule, mas ainda busca-se uma maior precisão em termos de dias para se concretizar tal fenômeno. Ao final desta etapa, a planta terá definido seu rendimento potencial em termos de número de frutos (flores femininas) a serem preenchidos posteriormente. Com a visualização da inflorescência (figura 07), torna-se possível analisar

⁴ Trata-se da abertura de trincheiras no solo cultivado, objetivando estudar a interação sistema

efeitos limitantes do rendimento (número de flores femininas diferenciadas), sendo possível fazer uma relação com os fatores e condições de crescimento e diferenciação (clima, solo e estado de competição da parcela) (Jannoyer, 1995, p.30). A inflorescência da bananeira é do tipo espiga, onde as flores mais velhas desabrocham da base. Em torno do eixo floral, os grupos de flores são separados em uma espiral descontínua na maior parte das cultivares e, em particular, na cultivar Grande Naine (Summer Ville e Fahn; citados por Jannoyer, 1995, p.12).

O número de mãos e dedos dependem dos fatores tróficos e hormonais. As flores mais novas serão potencialmente hermafroditas, devido a dominância das flores femininas que são as primeiras a serem diferenciadas (Summerville, 1944). E o número de flores femininas pode ser reduzido por diversos fatores já observados por Charpentier & Martin-Prével; Holder & Gumbs, todos citados por Marchal & Jannoyer (1993):

- ▶ baixa nutrição potássica e, essencialmente, nitrogenada;
- ▶ estresse hídrico antes e após à diferenciação, causando uma depressão sobre o crescimento e o número de flores femininas;
- ▶ temperaturas baixas e;
- ▶ tamanho e duração do funcionamento do meristema da planta.

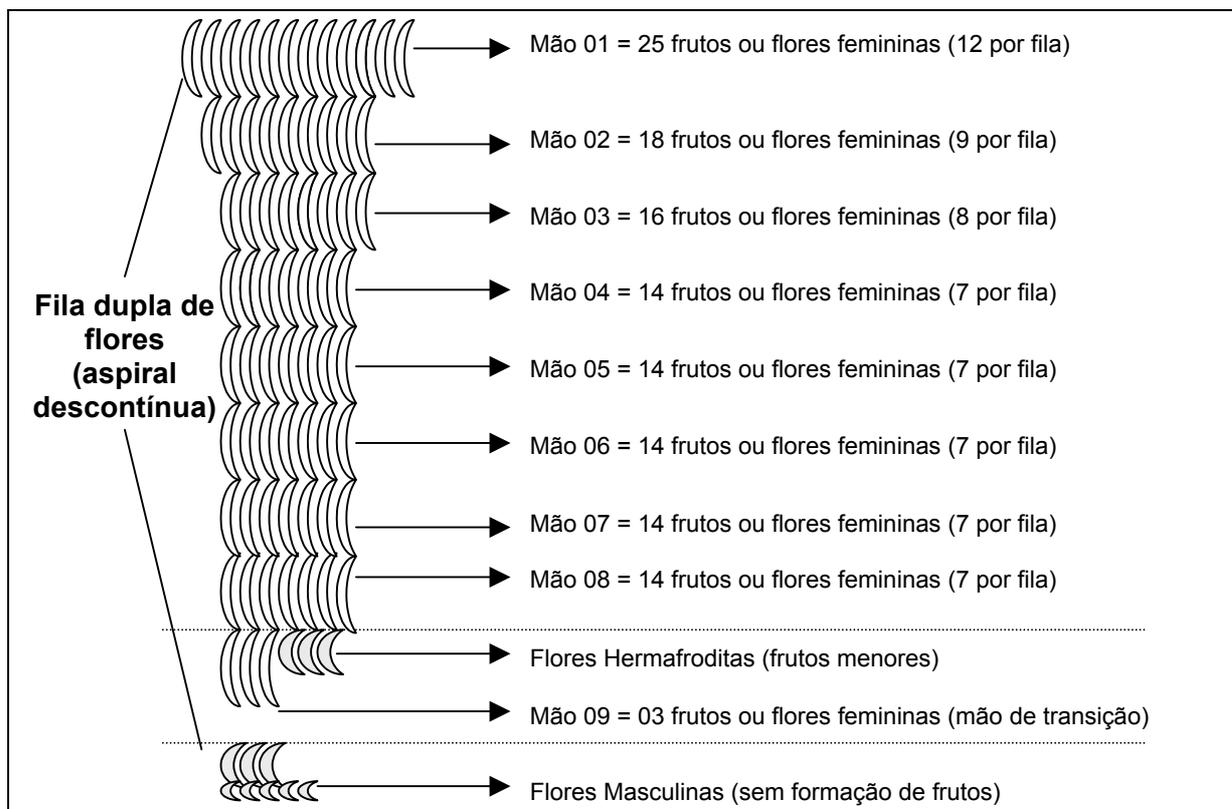
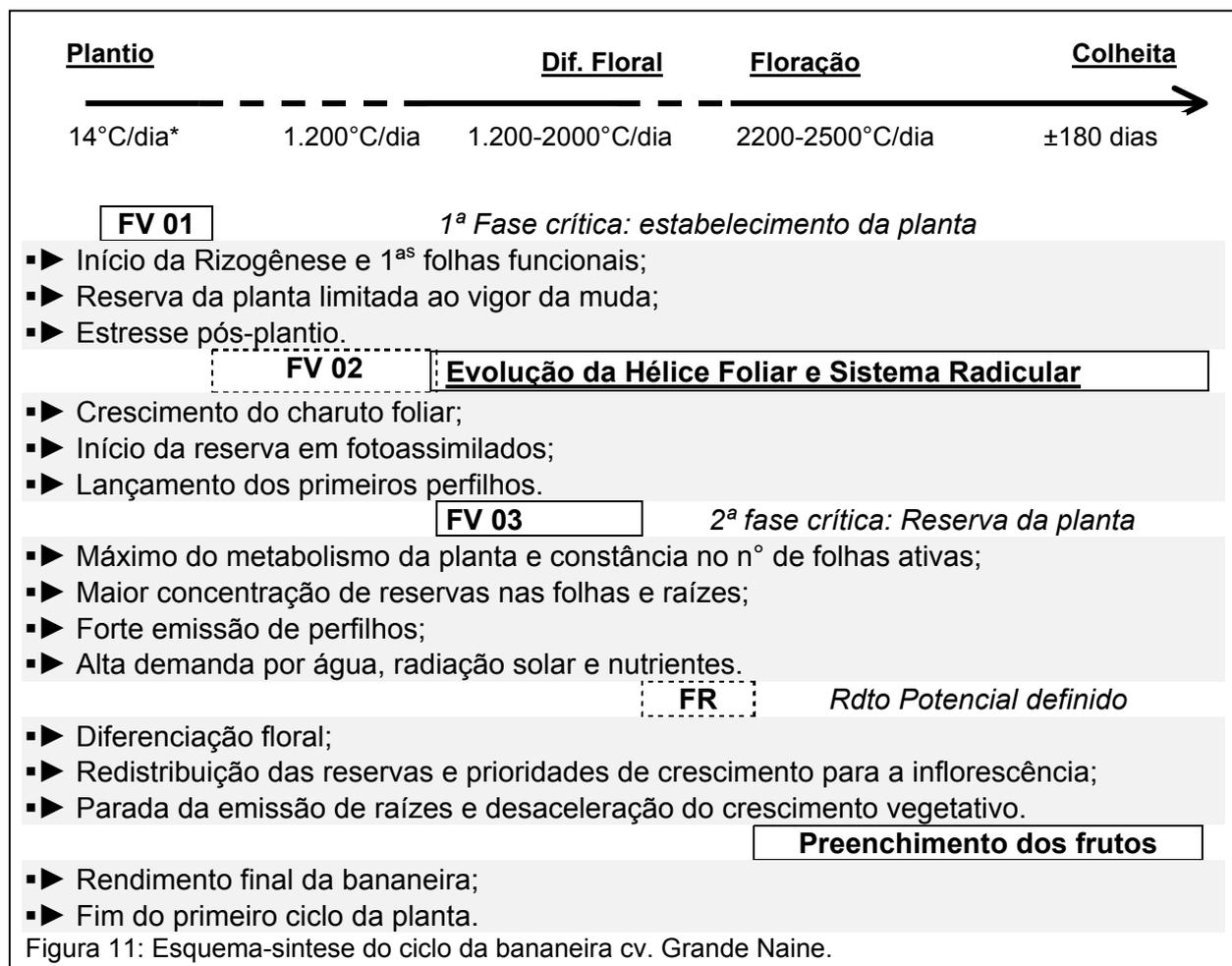


Figura 10: Esquema da Inflorescência da bananeira. Fonte: adaptado de Jannoyer (1995, p.12).

4.2.1.1e. Fase de enchimento e maturação dos frutos: determinação do Rendimento Final

É a etapa final do ciclo da planta-mãe, em que as condições ambientais e as intervenções técnicas poderão garantir a manutenção de um rendimento final próximo do rendimento potencial definido na fase anterior. Em outras palavras, o objetivo da planta será preencher o ovário de todas as flores femininas diferenciadas, mas isto dependerá do estado fitossanitário e disponibilidade dos fatores climáticos e nutritivos.



Fonte: adaptado de Champion (1963); Ganry (1980); Marchal & Jannoyer (1993) e Jannoyer (1995), Jullien (2000). * °C/dia: Soma de Temperatura na superfície foliar da planta.

FV = Fase Vegetativa; **FR** = Fase Reprodutiva

4.2.1.2. A relação dos fatores e condições do meio com o cultivo da bananeira

A partir da leitura acima, podemos concluir que a duração do ciclo da bananeira é altamente dependente do meio agro-ecológico. A fase vegetativa sofre fortemente a ação de fatores climáticos (radiação solar, temperatura, velocidade do vento, umidade, etc) e do aspecto nutricional (água e elementos minerais disponíveis no solo).

Outro aspecto importante é que o rendimento da planta mantém uma correlação negativa com a duração do período de transição entre o estágio vegetativo e o estado floral do meristema, com interferência das condições externas (competição entre indivíduos, temperatura, etc) e a concentração de reservas no momento da diferenciação sexual da inflorescência. Mas por outro lado, se o ciclo vegetativo for muito rápido, as reservas formadas serão insuficientes e o número de mãos será reduzido (Turner, citado por Marchal & Jannoyer, 1993).

Constatamos assim que cada situação varia de acordo com o meio edafo-climático envolvido, demandando assim referenciais técnicos particulares de intervenção no ciclo da bananeira.

Não é difícil constatar que a grande variabilidade do clima (e micro-clima) e dos solos existentes nas áreas de exploração de banana, acusam necessidades de uma gama de diversificação das técnicas de condução dos sistemas de cultivo da bananeira. Além disto, conhecer os principais efeitos do meio é o ponto de partida para a tomada de decisão técnica.

Para visualizarmos as diversidades do meio agro-ecológico assinalamos abaixo alguns indicadores climático marcantes no processo de crescimento e desenvolvimento deste cultivo.

4.2.1.2a. A ação da temperatura e da radiação solar

O século XX acumulou significativos estudos que tratam da temperatura associada à duração do dia e seus efeitos sobre a fenologia vegetal (Trelease, Summerville, entre outros citados por Ganry, 1980, p.11-13).

Ainda segundo Ganry (1980, p.3), a temperatura e radiação solar agem diferentemente sobre a velocidade de crescimento da bananeira, durante o estado de crescimento/desenvolvimento vegetativo (quadro 04). Seu ótimo térmico varia entre 28 e 30°C. Nos estados jovens, a radiação tem ação de estímulo sobre a velocidade do crescimento. Beauchamp e Latwell, citados pelo mesmo autor, demonstraram que o estudo da ritmo de emissão foliar é um bom critério de avaliação da ação da temperatura sobre a velocidade do ciclo da bananeira, sendo mais preciso que a evolução da matéria seca na planta. Desta forma, a temperatura intervém diretamente sobre a acumulação de matéria seca total (MST), agindo sobre os processos de desenvolvimento, ou seja, na velocidade da elaboração da MST constante. Uma desaceleração do desenvolvimento motiva uma diminuição desta produção. Por estes motivos é que um dos métodos mais indicados para a datação do ciclo da bananeira (e das monocotiledôneas, de uma forma geral) é a modelização baseada na SOMA DE TEMPERATURAS absorvida pela planta.

Quadro 04 – algumas décadas de constatações sobre a relação da temperatura sobre a bananeira cultivada.

Autores	Conclusão	Constatarem ainda
Trelease (1923)	Existe forte relação entre condições climáticas e velocidade da saída de folhas	Diferentes velocidades entre o crescimento diurno e o crescimento noturno.
Summeville (1944)	O ritmo de emissão das folhas é essencialmente dependente principalmente da T°C.	Nem a nutrição e nem o déficit hídrico intervêm tanto quanto a T°C.
Barker (1969)	Forte relação entre T°C e crescimento foliar	Em condições tropicais, o alongamento máximo da folha coincide com as T°C diurnas.
D. W. Turner (1970)	Existe forte relação entre a T°C em Estações Meteorológicas e o Ritmo de emissão das folhas.	A emissão de folhas cessa nas T°C inferiores a 10°C.
G. C. Grenn & F. A. Kuhne (1970)	Existe forte relação entre T°C em Estação Meteorológica e o alongamento das folhas	Uma ação limitante das T°C inverniais com a parada de vegetação em 11°C.
Ganry (1980)	Formulou a ação dos fatores do ambiente externo sobre a velocidade de crescimento das folhas, no interior do pseudo-caule e; Validou um modelo de datação da floração a partir da Soma de Temperaturas da bananeira.	A análise de evolução do KI* em função de uma escala filocrônica, permite definir uma FOLHA DE REFERÊNCIA que corresponde a entrada da planta na fase floral.

Fonte: adaptado de Ganry (1980, p.11-13).

* Coeficiente de velocidade do crescimento.

Gosse (citado por Jannoyer, 1995, p. 47), ressalta que, em condições hídricas e nutricionais não limitantes, a radiação interceptada é um parâmetro explicativo do balanço de carbono na planta pois afeta diretamente a produção de fotoassimilados. Também observou-se uma influência da redução da radiação durante a fase de iniciação floral da bananeira, podendo afetar o rendimento em números de frutos e mãos formadas, devido um provável controle trófico do funcionamento do meristema durante a formação dos órgãos reprodutivos.

Vários são os estudos do CIRAD-FLHOR (citados por Marchal & Jannoyer, 1993) que comprovaram a existência de variações entre o número de pés que frutificaram em momentos diferentes, devido situações diferenciadas em termos de temperatura e radiação. Também as correlações entre o número de dedos e mãos em diferentes idades da bananeira foram estabelecidos.

Como mencionamos anteriormente, a idade das bananeiras pode ser expressa mais precisamente pela soma de temperaturas diárias, com um ZERO vegetativo fixado em 14°C, pois abaixo disto a planta paralisa seu funcionamento vegetativo (Ganry, 1980). Assim, pode-se datar algumas fases importante da planta:

► *Planta jovem (ST abaixo de 1200°C dia)*: as fortes temperaturas médias afetam negativamente sobre o seu rendimento posterior (forte correlação negativa);

- *Planta com metabolismo alto (ST a partir de 1200°C dia)*: nesta fase, as forte temperaturas médias agem positivamente sobre a produção de biomassa e aceleração do ciclo (emissão de novas folhas). E, antes a diferenciação floral, as fortes chuvas causam efeitos negativos no rendimento, mesmo sendo confirmada a forte demanda por água, devido o aumento da temperatura média;
- *Planta em estado de floração (aproximadamente, 2200°C dia)*: aqui as fortes temperaturas médias afetam positivamente sobre o seu rendimento, ou seja, sobre o número de mãos e sobre o número de dedos.

O rendimento final da bananeira ajusta-se à disponibilidade de biomassa da planta. Sua produção potencial relaciona-se efetivamente com as variáveis climáticas e define uma forte relação entre a estrutura e a produção de biomassa. Dessa forma, constata-se que a radiação solar também é um fator do meio que exerce grande influência nos períodos determinantes para os componentes do rendimento (iniciação floral – quantidade de assimilados nitrogenados e carboníferos) (Jannoyer, 1995). E os efeitos provocados pela radiação sobre o crescimento e desenvolvimento de um bananal, são vários:

- *Efeito direto*: condições de crescimento diferentes, conforme as datas de plantio e no momento da diferenciação floral (radiação, coeficiente fotossintético, alimentação hídrica e/ou nitrogenada);
- *Efeito indireto*: Estágios de crescimento variados na diferenciação floral (superfície foliar, índice foliar, velocidade do crescimento, assimilação líquida, matéria seca acumulada, etc.). As relações de competição trófica entre os diferentes órgãos parecem se confirmar através de competições entre: a) o sistema foliar e órgãos reprodutivos; b) o pedúnculo floral e Inflorescência e; c) as flores diferenciadas.

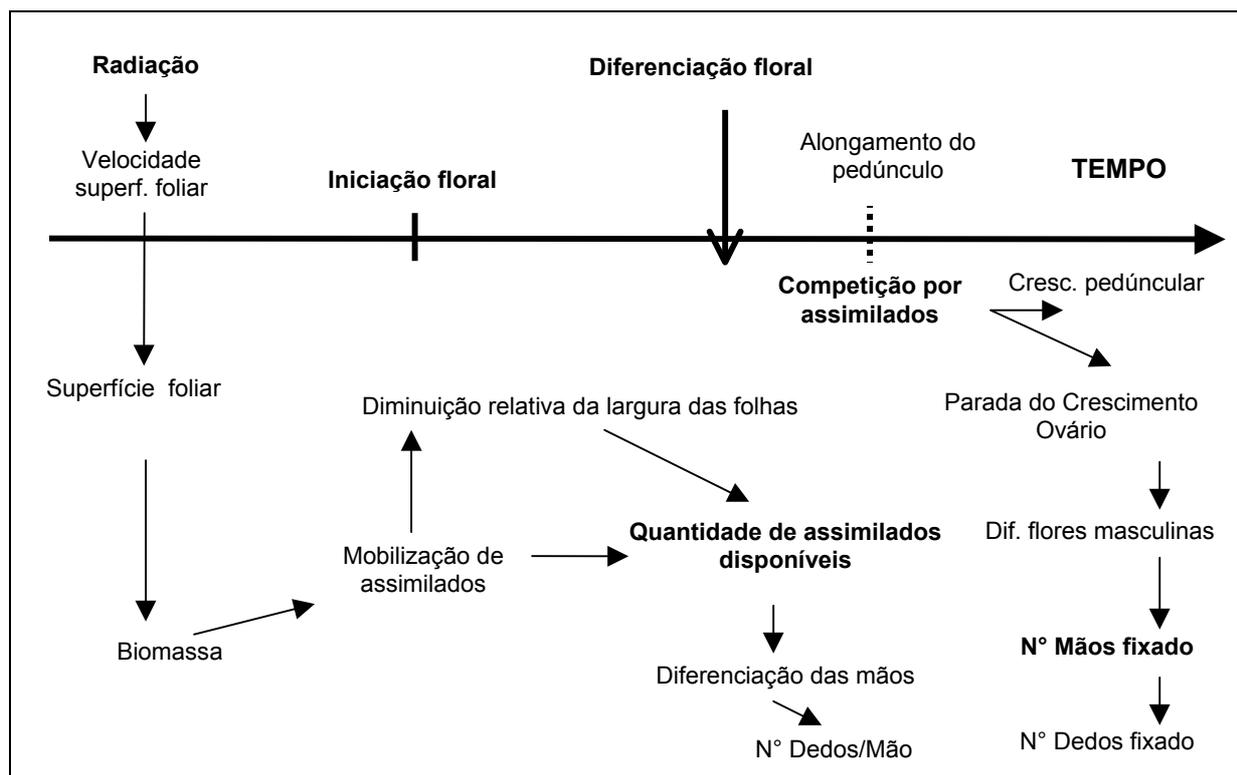


Figura 12: Variáveis identificadas pelo estudo dos componentes do rendimento da bananeira, em condições hídricas e de nutrição Nitrogenada não limitantes – atenção especial para a Radiação Solar e seus efeitos sobre o rendimento do cultivo da banana (Jannoyer, 1995, p. 111).

4.2.1.2b. A ação do vento

Este pode ser considerado também como um fator climático de grande importância, quando existe riscos de fenômenos naturais (vendavais e ciclones). Ele provoca uma transpiração anormal da bananeira, causando uma situação de déficit hídrico no limbo. Em situações extremas, podemos observar prejuízos maiores como graves lesões nas folhas e no pseudo-caule, além do tombamento da planta, Karamura et al. (citados por Sondag, 1996, p. 9).

4.2.1.2c. O papel da água na planta: nem a escassez, nem o excesso

A água é um dos fatores mais importantes para o bom funcionamento metabólico da bananeira. Tanto o seu excesso quanto sua escassez podem acarretar danos irreversíveis na planta.

A manutenção da turgescência torna-se fundamental pois a lignificação das células mostra-se muito baixa. Assim, o teor de água na bananeira é bastante elevado, ficando em torno de 80 a 90% do peso em todos os órgãos da planta (Champion, 1963, p. 55).

Segundo Monhamoud & Erwing e Brussiere (citados por Nouvellon, 1999, p.16), a interceptação da chuva pela vegetação é considerada atualmente como um componente do

ciclo hidrológico. E este fenômeno vem sendo alvo de estudos aprofundados pelas ciências agrônomicas e ambientais, nas últimas décadas.

Aliados aos fenômenos de captação, estão os de perda de água pela bananeira. Um dos processos de perda de água mais frequentes é a transpiração que no caso da bananeira, podemos distinguir dois tipos: a) a transpiração normal, produzida quando os estômatos estão perfeitamente abertos e; b) a transpiração anormal, quando os estômatos estão parcialmente fechados, causando grandes inconvenientes para o metabolismo da planta (Champion, citado por Sondag, 1996, p.19-20).

Ainda sobre a transpiração, Sondag (1996, p. 20) enumera os seguintes fatores que caracterizam melhor este fenômeno fisiológico na bananeira:

- ▶ *A idade da folha*: uma folha de 9 dias transpira menos de manhã que uma folha de 10 meses.
- ▶ *A quantidade de luz incidente*: na comparação entre folhas sombreadas e folhas a pleno sol, observou-se que as folhas sombreadas permanecem com seus estômatos parcialmente fechados. Em outras palavras, existe uma forte diferença de transpiração nos dois casos, podendo a perda de água nas folhas sombreadas ser três vezes menor que das folhas sem sombra (Champion, citado pela mesma autora). Porém, é sob a incidência solar que as folhas da bananeira alcançam seu melhor funcionamento fotossintético e conseqüentemente, seu maior rendimento em produção de matéria seca.
- ▶ *A orientação da superfície transpirante em relação a radiação solar incidente*: em muitas situações, a mesma fonte de energia da planta – a energia solar diretamente incidente – acaba reduzindo a quantidade de água via a evaporação da mesma, presente na superfície foliar.
- ▶ *A ação do vento*: o vento cria um déficit quase ininterrupto de água via atmosfera. A abertura dos estômatos aumenta com os ventos da tarde, mas diminui quando há pouca ação dos mesmos. Assim podemos supor que os ventos causam uma transpiração suplementar e portanto podem elevar o déficit hídrico da planta. Além do mais o vento provoca cortes sucessivos no limbo das folhas de bananeira, no sentido das nervuras secundárias, causando uma dilaceração e, conseqüentemente, um aumento da perda de água.

Apesar da grande reserva hídrica, a bananeira não suporta situações prolongadas de excesso de água no solo (acima da capacidade de campo) pois suas raízes necessitam fortemente de oxigênio para assegurar um bom funcionamento fisiológico.

Segundo Pizarro e Primavesi, citados por Almeida (1999, p. 292), em solos tropicais, a taxa mínima de oxigênio no solo deve estar em torno de 10% em relação ao espaço poroso, pois abaixo disto ficam comprometidos o crescimento e desenvolvimento das raízes da planta. A altura ideal do lençol freático para a bananeira deve ser em torno de 1,20 a 1,50

m de profundidade. Em uma situação de excesso constante de água no solo, as raízes sofrem danos irreversíveis.

Portanto, diante dessas fronteiras delimitadas por uma demanda hídrica precisa que, varia de acordo com a cultivar e as condições do meio cultivado, dispomos de vários estudos e tecnologias que tratam da manutenção destes limites (irrigação e drenagem no cultivo da bananeira) (Alves, 1999, p. 317-325).

4.2.1.2d. Aspectos pedológicos do cultivo da bananeira

O conhecimento das características do solo é estratégico para avaliarmos as possibilidades de estresse hídrico e nutricional da planta. Também espera-se que o solo ofereça boas condições físicas para que o rizoma e as raízes tenham um desenvolvimento normal (Sondag, 1996, p. 10).

Em solos tropicais, um dos elementos mais escassos é o N, pela sua frágil retenção no complexo argilo-húmico, principalmente nos períodos mais chuvosos. As fontes naturais de N estão concentradas na fixação do nitrogênio atmosférico (N_2), disponíveis devido as águas da chuva são insuficientes para a obtenção de rendimentos interessantes para a bananeira, além de aumentarem a contradição, ou seja, a chuva dispõe e, ao mesmo tempo, limita a oferta deste nutriente. E quando observamos os solos de florestas primárias nota-se uma boa fertilidade, devido sua eficiente ciclagem de nutrientes. Mas logo após o desmatamento, ocorre uma rápida degradação de sua estrutura, gerando uma forte perda em nutrientes desfavorecendo altos rendimentos em cacho (Champion, 1963, p. 71).

Para Champion (1963, p. 65-67), existem algumas características básicas para que um solo seja considerado apto para o cultivo da bananeira:

- ▶ predominância de um relêvo plano ou levemente ondulado, que não catalise os processos erosivos decorrentes da instalação do cultivo;
- ▶ ausência ou pouca presença de elementos duros de grandes dimensões (pedras, cascalhos, etc), para não promover obstruções severas nas raízes;
- ▶ ausência de compactação nos horizontes a serem colonizados pelas raízes;
- ▶ solos com profundidade pelo menos entre 80 a 100 cm;
- ▶ forte aeração, graças a uma boa estrutura e uma grande porosidade do solo.

Em relação ao pH, a bananeira possui uma grande tolerância e se desenvolve bem em solos ácidos (até 4,5) e solos básicos (até 8,0). Porém, o melhor desenvolvimento da planta situa-se entre 6,0 e 7,5 (Champion, 1963, p. 71-72).

Boa parte da literatura agrônômica indica o uso de métodos mecanizados para o preparo do solo. Este são ainda qualificados pela literatura como ideais para o cultivo da bananeira, por possibilitarem o aproveitamento da maior diversidade possível de solos, por meio de alterações estruturais (preparo mecanizado) químicas (irrigação, adubação,

calagem, etc) e outras (drenagem). Tudo isto objetivando um maior controle do meio cultivado e a minimização dos efeitos ambientais naturais sob o rendimento.

Contudo, Dorel (1993), estudando bananais em solos ferralíticos (latossolos) de Guadalupe, observou que os solos compactados mecanicamente, sofrem efeitos desfavoráveis sobre a data de floração e sobre a homogeneidade do crescimento das plantas. O déficit de aeração destes solos nos períodos chuvosos explicam o atraso do desenvolvimento da bananeira, principalmente sobre a dificuldade do estabelecimento do sistema radicular. No caso do desenvolvimento das raízes e parte aérea, observou-se uma forte perturbação devido o aumento da densidade aparente do solo (em torno de 0,7) e onde esta perturbação não está ligada a insuficiência de porosidade total, mas a porosidade ocupada pelo ar (macroporosidade).

Recentemente, tem aumentado as preocupações científicas sobre as consequências negativas destes sistemas técnicos altamente modificadores do meio. Desde a última década, autores como Milan et al. (1991, p. 120); Azevedo et al. (1993, p. 813); Oliveira & Araújo (1993, p. 189-190); Alvarenga et al. (1995, p. 175-177); Costa (1995, p. 402); Corrèa & Corrèa (1996, p. 467-468); Gomes & Lunz (1997, p. 1); Gomes & Moraes (1997, p. 1-2); Silva et al. (1997, p. 2-3); Reinert (1998, p. 164); Borges et al. (1999, p. 199-200); Fernandes et al. (1999, p. 1594); Foster & Tomm (2001, p. 466); entre outros, reforçam algumas das vantagens e a necessidade de um maior investimento em estudos sobre a busca de alternativas ecológicas para a manutenção da fertilidades e propriedades físicas e nutricionais do solo. E a cobertura vegetal dos solos cultivados (morta ou viva) destaca-se como alternativa altamente promissora para a melhoria dos sistemas técnicos de cultivo, podendo ser introduzidas de várias formas. Mas, ainda são poucos os indicadores técnicos sobre a utilização de plantas melhoradoras do solo. Voltaremos a este ponto mais adiante.

Outro aspecto pedológico que devemos abordar é o nutricional. O conhecimento mínimo das demandas da bananeira em relação aos macro e micronutrientes constituem-se em bons indicadores para uma boa compreensão da interação solo-planta e suas consequências no funcionamento fisiológico da espécie a ser cultivada.

Quanto aos aspectos nutricionais e sua relação com o crescimento e desenvolvimento da bananeira, Borges et al. (1999, p. 211) indicam que dentre os macronutrientes, o potássio (K) e o nitrogênio (N) são os mais absorvidos pela bananeira.

No caso da cultivar Grande Naine, a bananeira necessita, em média, dez vezes menos fósforo em relação ao nitrogênio, e três vezes mais de potássio que nitrogênio (quadro 05), porém o papel do N no crescimento, acumulação de matéria seca e na sexualização das flores é incontestável (quadro 06).

Quadro 05 – Algumas funções dos Macronutrientes na bananeira

Nutriente	Presente	Função	Influência observada na planta	
			No metabolismo	No rendimento
Nitrogênio (N)	-Moléculas, Aminoácidos -Proteínas;	Estrutural.	-Fotossíntese; -Respiração; -Multiplicação e respiração celular; -Absorção iônica.	-Hélice Foliar; -MST; -Nº de mãos; -Nº Flôres femininas; -Balanço C/N.
Potássio (K)	Na forma iônica	Ativação enzimática.	-Abertura e fechamento dos estômatos; -Fotossíntese; -Respiração; -Transporte de Carbohidratos; -Cicatrização dos tecidos.	-Balanço da água; -Produção do cachos; -Qualidade dos frutos.
Fósforo (P)	-Lipídios; -Coenzimas -Ácidos nucleicos.	Estrutural.	-Armazenamento e transferência de energia.	-Desenvolvimento vegetativo; -Sistema radicular; -Formação flores.
Cálcio (Ca)	-Células.	Estrutural.	-Funcionamento das membranas.	-Resistência a doenças.
Magnésio (Mg)	-Molécula de Clorofila	Estrutural.	-Ativador enzimático; -Absorção iônica; -Fotossíntese; -Respiração.	-Produção de MST; -Balanço nutricional.
Enxofre (S)	Aminoácidos -Proteínas; -Vitaminas; -Coenzimas.	Estrutural.	-Fotossíntese; -Respiração; -Síntese de Gorduras.	-Desenvolvimento vegetativo; -Qualidade do fruto.

Fonte: adaptado de Malavolta et al. (citados por Borges et al. (1999 b, 211); Jannoyer (1995, p. 9-44).

Quadro 06 – Macronutrientes extraídos por bananeiras do grupo Cavendish (Kg/ha)

AMOSTRA (local, cultivar, densidade, rendimento, parte da planta analisada)	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
Caribe; cv. Grande Naine ; 1.600 a 2.500 ptas/ha; 40-50 ton/ha; amostra da planta-mãe	250	25	800	150	60	14
Camarões; cv. Grande Naine ; 1.785 ptas/ha; 32-48 ton/ha; amostra da touceira	295	30-40	1100-1300	160-190	65-75	29-36
Camarões; cv. Poyo; 2.500 ptas/ha; 69-75 ton/ha; amostra da touceira	295	30-40	1100-1300	160-190	65-75	29-36
Martinica; cv. Poyo; 2.500 ptas/ha; 66 ton/ha; amostra da touceira	450	30	1250	145	48	-
Antilhas Inglesas; cv. Poyo; 2.500 ptas/ha; 50 ton/ha; amostra da touceira	450	135	1750	300	235	144
Brasil; cv. Nanicão; 2.500 ptas/ha; 77 ton/ha; amostra da planta-mãe	265	32	1050	160	63	-
MÉDIA	334	47-50	1175-1242	179-189	89-93	36-38

Fonte: Adaptado de Chanpiom (1963, p. 69) e Martin-Prevel, citado por Borges et al. (1999, p. 212).

A determinação da demanda nutricional da bananeira não é uma tarefa muito simples. Borges et al. (1999, p. 197) relembram o fato de existir uma grande diversidade de

cultivares existentes e suas particularidades quanto as necessidades nutricionais. E ainda não podemos esquecer que existem muitos outros processos que influenciam na oferta nutricional de um solo cultivado, como as perdas por lixiviação; pela competição com invasoras; por volatilização; pela adsorção; etc. Por esta ótica, temos de admitir que torna-se delicado recomendar qualquer formulação de adubação química sem um conhecimento da relação planta-solo e ainda o clima em questão.

Sobre a diversidade de solos explorados pelo cultivo, podemos constatar diferentes contextos agro-ecológicos a serem considerados. A título de exemplos, Champion (1963, p. 70) cita que os bananais conduzidos em solos aluviões de origem vulcânica e com presença de argila de rios costeiros da América Central, parecem não necessitar, de imediato, de ingressos nitrogenados para manter um bom rendimento em cachos. Já os solos mais arenosos – frequentes nos plantios africanos – nota-se que a riqueza mineral natural é bem inferior a demanda da planta.

No estabelecimento da bananeira, podemos considerar como plausível a hipótese de que qualquer que seja o tipo de solo, este deve fornecer os elementos necessários para o desenvolvimento do primeiro e segundo pseudo-caule (dois primeiros ciclos), antes que os minerais das primeiras folhas sejam restituídas ao meio, pois este processo se completa muito depois da primeira colheita (fim do primeiro ciclo). Tomando o K como exemplo, a necessidade é de 1.700 Kg/ha, seja um peso de 4.500 ton de solo utilizados pelas raízes ou um teor de 400 ppm para um pouco mais de 100 g de terra. Mas no caso de plantios antigos, nota-se o estabelecimento de um certo equilíbrio, pois a restituição mineral via a decomposição e mineralização dos restos vegetais são regulares no ecossistema, ficando a demanda nutricional da bananeira dependendo da reposição dos nutrientes exportados via colheita dos cachos (Champion, 1963, p. 71).

Uma das maneiras mais práticas de visualizarmos os efeitos nutricionais no ciclo da bananeira é acompanhar a evolução de seus componentes de rendimento. Os componentes mais estudados no caso da bananeira são: o número de folhas adultas; diâmetro do pseudo-caule e peso da matéria seca Total; número de mãos/cacho; número de frutos/mão e peso médio do fruto. Além destes, Jannoyer (1995, p. 167) propõe aprofundar diagnósticos sobre a sexualização das flores pois ela constata uma forte relação entre o aspecto nutricional da planta (principalmente no balanço nitrogênio/carbono) e a determinação do rendimento potencial da bananeira – o número total de flores femininas. Através destes indicadores, ora facilitadores de um diagnóstico prático (medidas visuais e não destrutivas), ora pouco operacionais em áreas de cultivo (diagnósticos com destruição da planta), o estudo dos aspectos agronômicos da bananeira vem avançando em termos de resultados pois estão cada vez mais articulados com disciplinas afins, como: pedologia, nutrição de plantas, ecofisiologia, climatologia, etc.

Nos estudos atuais sobre os efeitos do estado nutricional do solo no rendimento da bananeira, observa-se uma unanimidade quanto a necessidade de melhor compreensão das interações existentes (e possíveis) entre os nutrientes na solução do solo e o funcionamento da população vegetal, pois o equilíbrio nutricional surte mais efeito no rendimento do que introdução exagerada de um determinado mineral, que pode até aumentar as dificuldades de assimilação de nutrientes.

Moreno et. al. (1999, p. 8-9), cultivando a banana em solo tipo Vertic Ustropept⁵, observou que o número e diâmetro de frutos são afetados pela disponibilidade de nutrientes no solo. E, citando Hewitt e Murray, ele afirma correlações positivas entre o Potássio (K) do solo com o peso do cacho e o número de mãos do mesmo, chegando em alguns casos a causar uma redução de 80% no peso, em casos de déficit. Em contrapartida, observa-se na cv. Grande Naine, um aumento de peso do cacho e números de frutos, com adubação superior a 450 kg de K₂O/ha/ano. Já a aplicação individual de K causou a diminuição do número de frutos e conseqüentemente do peso do cacho da cv. Grande Naine, mesmo com um aumento no diâmetro do fruto com doses até 332 kg de K/ha/ano. O autor ainda demonstra que a adubação combinada com K e Ca traz efeitos positivos sobre o peso do cacho e da mão com doses de 498 kg de K/ha/ano.

Contudo, torna-se fundamental compreender as interações entre estes nutrientes e suas possíveis conseqüências na elaboração do rendimento. Vejamos o caso da combinação K e Mg, que não demonstra efeitos significativos em nenhum componente do rendimento. Já na aplicação conjunta de Mg, K e Ca, observa-se um desequilíbrio nas concentrações destes elementos no solo, causando efeitos negativos na absorção de nutrientes pelo cultivo. A principal conclusão tirada por estes autores é que os efeitos do K, Ca e Mg não podem ser avaliados de forma separada, recomendado-se aprofundar os estudos sobre estas inter-relações e seus efeitos no metabolismo da planta, como estratégia de melhorar os conhecimentos sobre as técnicas de fertilização artificial do meio (Moreno et. al., 1999, p. 8-9).

No caso da fertilização com N, P e K na cv. Grande Naine, as preocupações para com as inter-relações deste com o meio e com a planta devem ser maiores pois na maioria dos manejos da fertilidade do solo (adubação química), estes são os principais responsáveis pela facilidade (ou não) da absorção nutricional das plantas.

Na maioria das vezes, o sujeito de pesquisa privilegiado tem sido a busca de uma combinação química ideal para o aumento do rendimento em cachos da bananeira. Martinez et al. (1997, p. 10) chega a afirmar que para alguns solos da Venezuela, a combinação de

⁵ Solo classificado, segundo a classificação ZONA DE VIDA, como bosque seco, com regime hídrico do tipo "Ustico". Sua textura fica entre argilo limosa e franco limosa; pH entre 7,3 - 7,7, condutividade

250 kg de N, 100 kg de P_2O_5 600 kg de K_2O /ha proporciona melhores rendimentos, porém insiste na preocupação sobre conhecermos as características pedológicas que se pretende realizar a fertilização química.

Na avaliação do balanço nutricional e efeitos sobre o rendimento surgiram muitos métodos de análise. Rodriguez et al. (1999, p. 6), relacionou o balanço nutricional da bananeira com indicadores biométricos da planta e observou que o rendimento e o número de folhas são diretamente proporcionais, porém ocorre um desbalanço nutricional natural na planta, ao fim do ciclo. Segundo os autores, quanto maior o rendimento, menor o balanço de nutrientes na bananeira e, em decorrência destas constatações, geraram uma equação de regressão entre os índices de balanço de nutrientes DRIS (IBN-DRIS) e o rendimento da bananeira, onde a curva criada possibilita a previsão do rendimento potencial de qualquer plantio, a partir dos dados de análises convencionais de tecidos vegetais. A limitação prática deste (e de outros métodos similares) ainda continua sendo a necessidade de destruição das plantas acompanhadas.

Entre outras preocupações relacionadas a nutrição mineral da bananeira, faremos a seguir um destaque ao nitrogênio pois, conforme vimos anteriormente, este elemento é considerado como uma das principais deficiências dos solos tropicais explorados por atividades agrícolas.

4.2.1.2e. O Nitrogênio como indicador prático da elaboração do rendimento da bananeira

Jannoyer (1995, p. 167) destaca que o teor de nitrogênio da planta (especialmente do limbo) controla o crescimento e a velocidade do funcionamento meristemático. O teor de nitrogênio é controlado pela relação nitrogênio/carbono. As modificações dos valores N/C são indicadores dos diferentes estados fisiológicos da planta (figura 13 e 14).

O balanço do nitrogênio é colocado como um fator limitante de primeira ordem, quando a fotossíntese está no seu ótimo. Ele intervém tanto no crescimento vegetativo, quanto na fase reprodutiva da seguinte forma:

- I - *Na fase vegetativa*: diretamente sobre a formação do aparelho vegetativo – sistema foliar em particular – e na acumulação da matéria seca pela planta;
- II - *Na fase reprodutiva*: influência direta nos processos de diferenciação floral e na morfogênese.

Fatores e variáveis de entrada na determinação do número de órgãos reprodutivos:

- ▶ superfície e índice foliar na iniciação floral;
- ▶ velocidade do crescimento em superfície foliar;
- ▶ quantidade de matéria seca acumulada pela planta mãe;

eléctrica de 0,2-0,5 dS.m⁻¹. A análise físico-química mostrou valores de 23 0/00 de C.O., 13,0 - 14,0

► disponibilidade em Nitrogênio.

No entanto, pouco sabemos sobre o papel do sistema radicular na absorção e acumulação de nitrogênio.

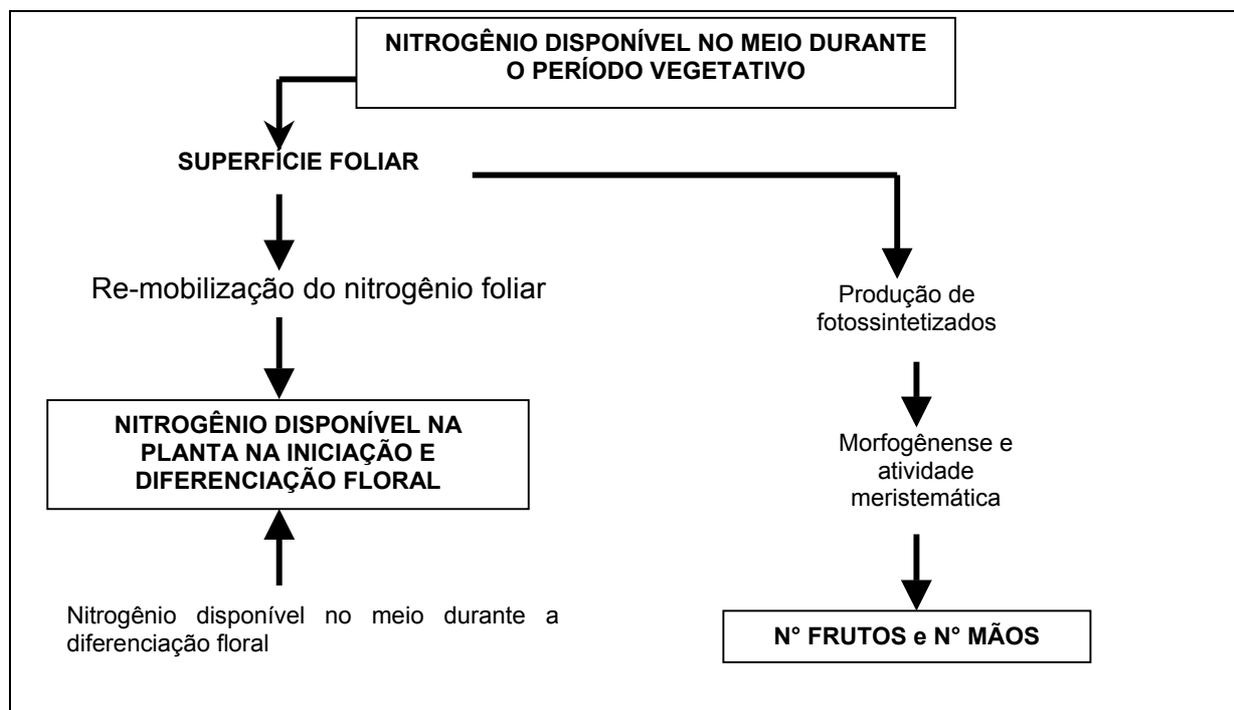


Figura 13: Síntese sobre o papel do Nitrogênio na elaboração dos órgãos reprodutores da bananeira (Jannoyer, 1995, p. 167).

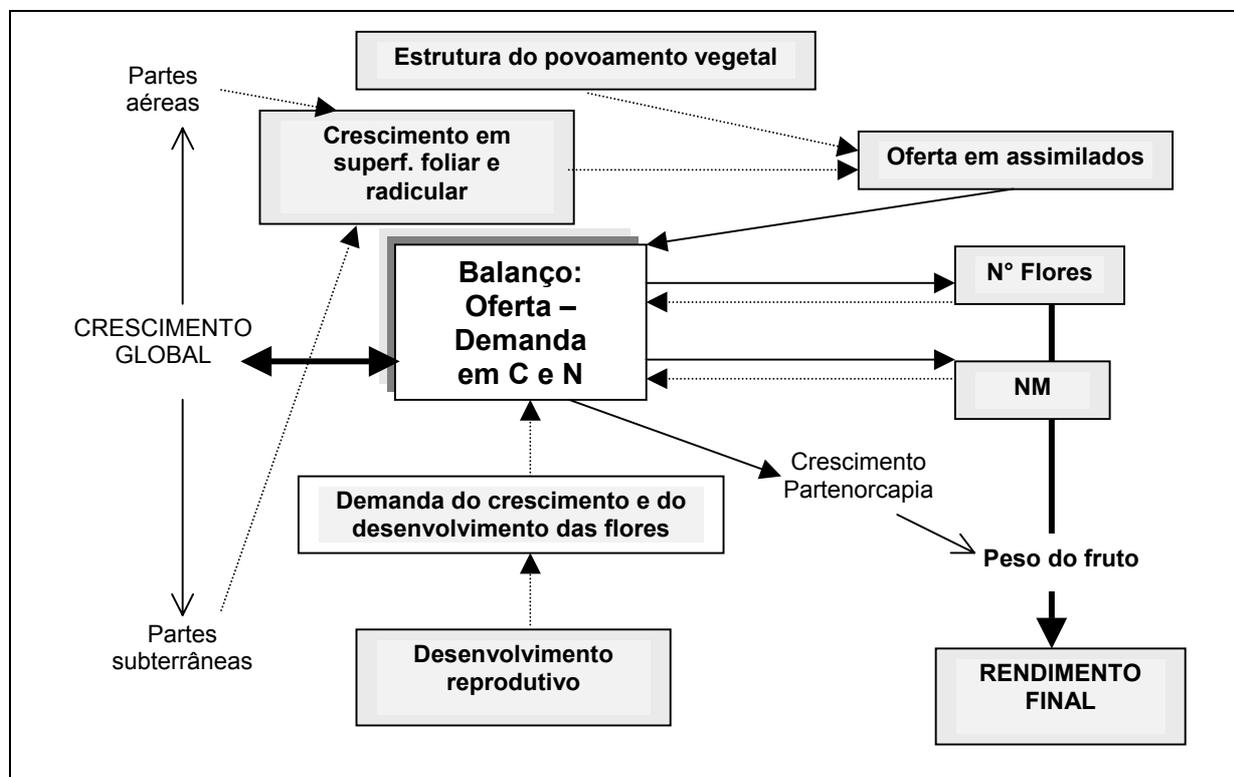


Figura 14: Modelo de funcionamento de um povoamento vegetal de banana, segundo a relação entre oferta e demanda por fotoassimilados (adaptado de Jannoyer, 1995, p. 170).

mg.kg⁻¹ de P, 0,2 cmol K(+).kg⁻¹, 13,0 cmol ^{1/2} Ca(2+).kg⁻¹ y 13,0-14,0 cmol ^{1/2} Mg(2+).kg⁻¹.

A disponibilidade do nitrogênio assimilável faz-se necessária para a construção da superfície foliar da planta, e conseqüentemente a produção de matéria seca, permitindo um número normal de flores femininas (futuros frutos). Contudo, a influência direta do N no funcionamento do meristema – especialmente na definição do nº de mãos da penca – demanda talvez de uma aplicação considerável de N entre os filocromos 900 e 1100º dias após a emissão da primeira folha larga a fim de favorecer a morfogênese floral (Jannoyer, 1995, p. 173).

A dependência do rendimento da bananeira a um número de órgãos coloca o problema da definição de um "bom rendimento". O rendimento é a performance máxima da planta, mas não podemos negligenciar as questões ambientais. E neste ponto, o sistema de monocultivo da banana traz sérias conseqüências do ponto de vista do uso prolongado de parcelas exploradas com bananas.

4.2.1.3. O monocultivo da bananeira e suas conseqüências

Segundo Dorel (1991, p. 422-425), a manutenção de um bananal intensivo necessita de replantios cada vez mais freqüentes. Em seus estudos em solos argilosos tropicais – Brun, solos ferrálicos à halloysíticos - observa-se uma rápida diminuição na homogeneidade e densidade das plantas, assim como na redução (regressão) do rendimento final, a partir do 3º ano de produção. O mesmo autor ainda afirma que este fenômeno está relacionado a uma rápida degradação do sistema radicular causada essencialmente por parasitas do solo (nematóides, fungos, etc.) e; pelas limitações físicas do solo, afetando as raízes (degradação estrutural dos solos). A recuperação destas áreas torna-se cada vez mais inviável pois o combate de parasitas do solo é difícil quando se trata de um monocultivo, devendo interromper o ciclo cultural, intercalando outros cultivos (abacaxi, forrageiras, hortaliças, etc.). Já o melhoramento da estrutura do solo parece mais delicado de ser realizado, pois necessitamos considerar as propriedades físicas específicas dos solos em questão.

Em monocultivos de banana, Godefroy et al. (1970), confirmado por Godefroy et al. (1975) observaram uma forte lixiviação de todos os elementos minerais em solos ferrálicos. Com exceção do fósforo: em média, 235 kg/ha/ano de N; 2,8 de P; 296 de K; 360 de Ca e 189 de Mg. No caso do N e P, as quantidades são as mais elevadas. É durante a estação chuvosa que a lixiviação é maior. Portanto, estes resultados dão elementos que demandam cuidados com protocolos de adubação muito generalizados – pouco precisos em termos de quantidade de minerais e em termos de diferenças sazonais (calendário de plantio).

Desta forma, o sistema de monocultivo obriga o agricultor a incorporar novas áreas para o plantio, aumentando significativamente a pressão humana sobre áreas de florestas e

vegetações naturais, causando problemas de ordem econômica (elevado os custo de produção), social (pressão fundiária) ecológica (degradação ambiental), entre outros.

Uma das piores conseqüências dos monocultivos são os processos erosivos causados nos solos tropicais, inviabilizando grandes áreas para a atividade agrícola.

4.2.1.3.1. Algumas conseqüências pedológicas do monocultivo

A erosão pode ser caracterizada de várias formas, onde a erosão hídrica é a mais expressiva no cultivo de banana devido, principalmente, a ausência de cobertura vegetal nos solos recém-plantados. E o grande problema é que, até o bananal se estabelecer, os impactos das chuvas e insolação provocam fortes mudanças nas características físico-químicas e biológicas do solo.

Segundo Filho et al. (1992, p. 1363), a erosão hídrica começa no momento em que se dá o contato direto da água – da chuva ou de irrigação – sobre o solo desprovido de cobertura vegetal. Este impacto causa inicialmente destruição dos agregados naturais, transportando-os pela lâmina de água. Ainda Smith (citado por Filho et al., 1992, p. 1363), acrescenta que o impacto das gotas de chuva coloca em suspensão partículas finas e, ao ocorrer à sedimentação, as partículas dispersas destroem a porosidade superficial do solo, reduzindo a velocidade de infiltração e aumentando assim o escoamento superficial. A declividade do terreno é determinante nos efeitos erosivos da água, somando-se a ele o regime hídrico e as características do solo. As zonas com solos profundos a moderadamente profundos, submetidos a chuvas de baixa intensidade, sofrem menos com a erosão hídrica. Por outro lado, segundo Bennett (citado pelos mesmos autores), os solos rasos, impermeáveis e arenosos estão bem susceptíveis a tal problema.

Após o desmatamento, o solo cultivado sofre uma perda progressiva da estabilidade estrutural, da permeabilidade, da velocidade de infiltração e de sua porosidade. Este contexto favorece eventos como: desagregação, perdas por erosão e aumento da densidade do solo (Machado & Brum, 1978; Andrade, 1980 e Silva, 1981 – todos citados por Filho, 1992, p. 1364).

Em um caso de erodibilidade, o ideal é cultivar este solo por algum tempo até que o valor de K (índice de erodibilidade) se estabilize (Leprum, 1981 citado por Filho et al., 1992, p. 1364). E os maiores cuidados com a erosão hídrica devem ser dispensados no período de maior intensidade de chuvas, ou seja, evitar os solos sem cobertura vegetal.

O uso constante de tecnologias modernas nem sempre levam em consideração manejos mais adequados dos solos. Atualmente, busca-se um ponto de equilíbrio entre o uso racional (racionalidade econômica e ambiental) dos recursos naturais e a produtividade. (Fiorio et al., 2000, p. 672).

Segundo Corrêa & Corrêa (1996, p. 467), em práticas de agricultura com solos desnudos (sem cobertura vegetal), em pouco tempo estes solos apresentam problemas de degradação e erosão, decorrente das chuvas. Principalmente no caso de cultivo de espécies de hábito perene.

Para resumir este ponto, citaremos Amabile et al. (1994, p. 1193-1194), que elege como um dos maiores desafios agronômicos da atualidade o de resolver a falta de práticas que compatibilizem a necessidade de preservação e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (lógica ambiental), com a produção de alimentos (lógica econômica).

Para tanto, a agronomia, vista como uma ciência aplicada, precisa compreender melhor as possíveis interações no meio cultivado. As ciências naturais acumulam um infindável repertório de teses e outras produções acadêmicas que evidenciam inúmeros processos do crescimento e desenvolvimento vegetal, bem como o comportamento ambiental nos diferentes espaços cultivados e naturais. Por parte das ciências agronômicas, falta uma melhor utilização desses conhecimentos. A busca de aplicabilidade do conhecimento acumulado exige um grande esforço de problematizar cada vez mais o objeto de estudo, ou seja, compreender não apenas a planta, mas sim a população vegetal no meio dado, com toda a dinamicidade do meio.

Portanto, pensar em criar novos sistemas de cultivo preocupados com a dinâmica ambiental da parcela explorada significa mobilizar várias ciências e criar novas formas de leitura da parcela cultivada. Principalmente os efeitos relacionados com as espécies que promovem competições pelos fatores e condições de crescimento e desenvolvimento.

4.2.1.3.2. A concorrência com espécies endêmicas

Estudos com algodão (Holç et al., 1977; Donadio et al., 1976; Beltrão et al., 1978; Blanco, 1985; entre outros citados por Blanco et al. (1991, p. 170), apontam que a competição de cultivos com plantas invasoras é uma das maiores causas das perdas no rendimento final. Soma-se a isto a sensibilidade do cultivo e a agressividade da planta invasora em questão. E no caso do algodão brasileiro, cerca de 90% da redução da produtividade do algodoeiro está relacionada ao processo de competição com outras espécies, dentro do povoamento vegetal, mesmo ele sendo inicialmente um monocultivo. Volz (citado por Blanco et. al., 1991, p. 174) sugere que boa parte das invasoras herbáceas competem mais no espaço subterrâneo (pelo aumento das atividades desnitrificantes e conseqüentemente a redução da disponibilidades de nitrogênio para o cultivo) do que pelo espaço aéreo (energia solar). Porém, não podemos esquecer as interações entre algumas plantas (alelopatia) que podem afetar positivamente o desempenho em termos de rendimento de um cultivo, como também na melhoria das propriedades físico-químicas e estruturais dos solos cultivados. O mesmo autor acrescenta ainda que as datas de plantio

do consórcio são fundamentais para uma relação menos competitiva entre cultivo principal e uma outra espécie (Holm et al., citado por Blanco et al., 1991, p. 174).

4.2.1.3.3. A busca de alternativas ao monocultivo: o sistema de cultivo associado

A incorporação de adubos verdes parece ser um dos sistemas mais adequados para a exploração agrícola pois além de garantir a manutenção dos solos, promove imediata resposta em termos de fertilização (Amabile et al., 1994, p. 1194).

No caso da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a incorporação de materiais tem uma contribuição fundamental para o cultivo da mesma, por extrair grandes quantidades de nutrientes (Okigbo, citado por Amabile, 1994, p. 1194). Foram comprovadas grandes vantagens em termos de rendimento na mandioca.

Amado et al., citados por Alvarenga et al. (1995, p. 176), observaram que uma cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais concorre para reduzir as perdas do solo em aproximadamente 50% em relação a um solo descoberto, no caso de resíduos uniformemente distribuídos.

As raízes podem estar envolvidas direta ou indiretamente no processo de estabilização da estrutura dos solos. Diretamente, elas formam um emaranhado que desempenha um importante papel na melhoria das propriedades físicas do solo, aproximando e protegendo os agregados, especialmente os macro-agregados com tamanho maior que 250 μ m. Indiretamente, tanto a exsudação quanto após sua decomposição, fornecendo materiais orgânicos estabilizantes e deposições de carbono abaixo da superfície, sendo da maior importância para a manutenção da estrutura do solo (Weaver e Zink, 1946; McVay et al., 1989 e Perfect et al., 1990 – todos citados por Alvarenga et al., 1995, p. 176).

Ainda segundo Alvarenga et al. (1995, p. 176) estes são alguns dos fatores que determinam a escolha das espécies para consórcio e/ou rotação :

- ▶ o período disponível para a ocupação do solo;
- ▶ a disponibilidade de sementes;
- ▶ os tipos de associações;
- ▶ entre outros.

Amado et al., citados por Alvarenga et al. (1995, p. 176), constataram que a velocidade de cobertura do solo, exerce grande influência no processo erosivo do solo, pois em solo cultivado, no momento em que o cultivo está se estabelecendo, encontra-se mais susceptível à erosão;

As conseqüências dos sistemas associados de cultivo na umidade do solo não estão bem definidas pela pesquisa, pois existem resultados contraditórios como, por exemplo, entre vantagens e desvantagens (Mafra et al., 1979; Araújo e Cardoso, 1980 e Lira et al.,

1978, Fisher, 1977 – citados por Cardoso et al., 1993, p. 94) sobre os resultados agronômicos obtidos. No caso da associação entre milho (*Zea mays* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), o mesmo autor concorda que o espaçamento influencia diretamente no nível de competição no consórcio e reforça a escolha do tipo de consórcio e de seus objetivos. E a disponibilidade de água é tida como fundamental no resultado do consórcio.

Segundo Neto (1993, p. 1165), a prática de adubação verde é uma técnica muito eficaz no manejo dos solos cultivados. Esta prática afeta diretamente (a curto e longo prazo) as condições físicas, químicas e biológicas da parcela cultivada, bem como garante a permanência de resíduos no solo e diversificação de espécies.

Vários autores apontam a adubação verde como ideal para um equilíbrio agroecológico. E em termos econômicos, o ideal seria conciliar a prática de adubação verde com produção conjunta de dois ou mais cultivos de renda (Akobundu, 1980; Miysaka et al., 1984; Vieira, 1987; Peixoto, 1988, - citados por Neto, 1993, 1166).

Sobre a consorciação e tolerância ao sombreamento, pesquisas na Nigéria (Agboola e Fayemi, 1971 citados por Neto, 1993, p. 1166), apontam como espécies tolerantes ao sombreamento, ou seja, no plantio simultâneo, as seguintes: calopogônio (*Calopogonium mucunoides*); caupi (*Vigna sinensis*); e feijão amarelo (*Phaseolus aureus*). Ainda segundo o autor, o consórcio de mucuna preta (*Stizolobium aterrimum*) com o milho tem se difundido pelo Brasil. Porém são poucas as experiências com o feijão-de-porco (*C. ensiformis* L.).

4.2.1.3.4. Possibilidades de Associação entre fruteiras e leguminosas rasteiras

O uso de leguminosas rasteiras, para a cobertura de solo nas entrelinhas de plantas perenes, promove uma maior proteção dos solos contra os efeitos climáticos e limita a competição com outras espécies, ainda incorporando consideráveis quantidades de biomassa e melhorando o estado físico-químico dos solos cultivados (Corrêa & Corrêa, 1996, p. 467).

No estado do Amazonas, a puerária ou cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Roxb.) é a espécie mais utilizada na cobertura das entrelinhas de cultivos perenes (ex. seringueira - *Hevea brasiliensis*). Porém ela é bastante agressiva e necessita de controle no crescimento vegetal (Corrêa & Corrêa, 1996, p. 468). Ainda na Amazônia brasileira, o desmódio (*Desmodium ovalifolium* Wall.) vem sendo muito utilizado como planta de cobertura do solo em plantios de:

- ▶ pupunha (*Guiliema gasipaes* (H.B.K.) Bailey) em Yurimaguas, Peru;
- ▶ dendê (*Elaeis guineensis* Jacquin) no Pará, Brasil; e
- ▶ guaraná (*Paulinia cupana* H. B. K. Var. *Sorbilis* Ducke) no Amazonas.

Gonçalves & Oliveira (citados por Corrêa & Corrêa, 1996, p. 468), constataram que o desmódio apresentou bons resultados pela sua capacidade de adaptação a solos ácidos, de

competição com invasoras, resistência à seca e tolerância a doenças. O mesmo autor ressalta que em estudos sobre ciclagem de nutrientes no consórcio de perenes (jacarandá-da-baía) e o desmódio, observou grande influência do adensamento da perene em relação à cobertura dos solos por parte da planta de serviço. Porém o teor de nutrientes não diferencia com a densidade de plantas. O nitrogênio é o nutriente mais estocado no consórcio. A relação C/N é baixa devido a grande quantidade de nitrogênio. O consórcio parece não ter influenciado muito no diâmetro de agregados, e na água disponível no solo, devido talvez o manejo comum das áreas. E ainda conclui que: a) o consórcio proporciona acentuado processo de ciclagem de nutrientes, principalmente o fósforo (P) e; b) as propriedades físicas e químicas do solo não foram influenciadas pelo espaçamento do jacarandá.

Recentemente, estudos ecofisiológicos vem sendo conduzidos para avaliar as propriedades associativas e alelopáticas do feijão-de-porco (*C. ensiformis* (L) D.C.), devido suas excelentes características como cobertura e como fixadora de nitrogênio em solos tropicais (Marín, 1984; Marín, 1989; Marín & Navas, 1994; Alvarenga et al., 1995; Marín, 1995; Marín & Gouveia, 1999 e; Marín e Pérez, 1999). Estes estudos evidenciam o enorme potencial desta leguminosa com um promissor desempenho como planta de serviço, em consórcio com cultivos agrícolas altamente exigentes em termos de fertilidade.

4. 3. O CULTIVO DO FEIJÃO-DE-PORCO: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS REFERENCIAIS AGRO-ECOFISIOLÓGICOS DA ESPÉCIE

4.3.1. Aspectos gerais das leguminosas forrageiras

A Família Leguminosae é considerada como a terceira maior das angiospermas⁶ (Polhill et al, citados por Moreira, 1991, p. 6). Caracterizada por sua grande variação quanto ao hábito de crescimento e importância econômica para vários setores agrícolas, industriais, farmacêuticos, etc. Vale ressaltar que, depois da família Poaceae (antiga gramineae), as leguminosas são a principal fonte de alimentação humana e ração animal.

Na região tropical, especialmente na Amazônia, esta família apresenta o maior número de indivíduos contribuindo decisivamente para a maior diversidade vegetal do mundo (Ducke, 1949, Black et al., 1950; Rodrigues, 1961; Rodrigues, 1967; Klinge & Rodrigues, 1971; Frande et al., 1976 – todos citados por Moreira, 1991, p. 6-7).

No Brasil, após o trabalho pioneiro de Dobereiner em 1967 (citado por Moreira, 1991, p. 6), sobre inoculação de sementeiras de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* L.), o conhecimento sobre a propriedade de fixação de nitrogênio atmosférico (N²) por leguminosas nativas tem evoluído consideravelmente.

⁶ Aproximadamente, 650 gêneros e 18 mil espécies conhecidas (Polhill et al., citados por ABOUD, 1986).

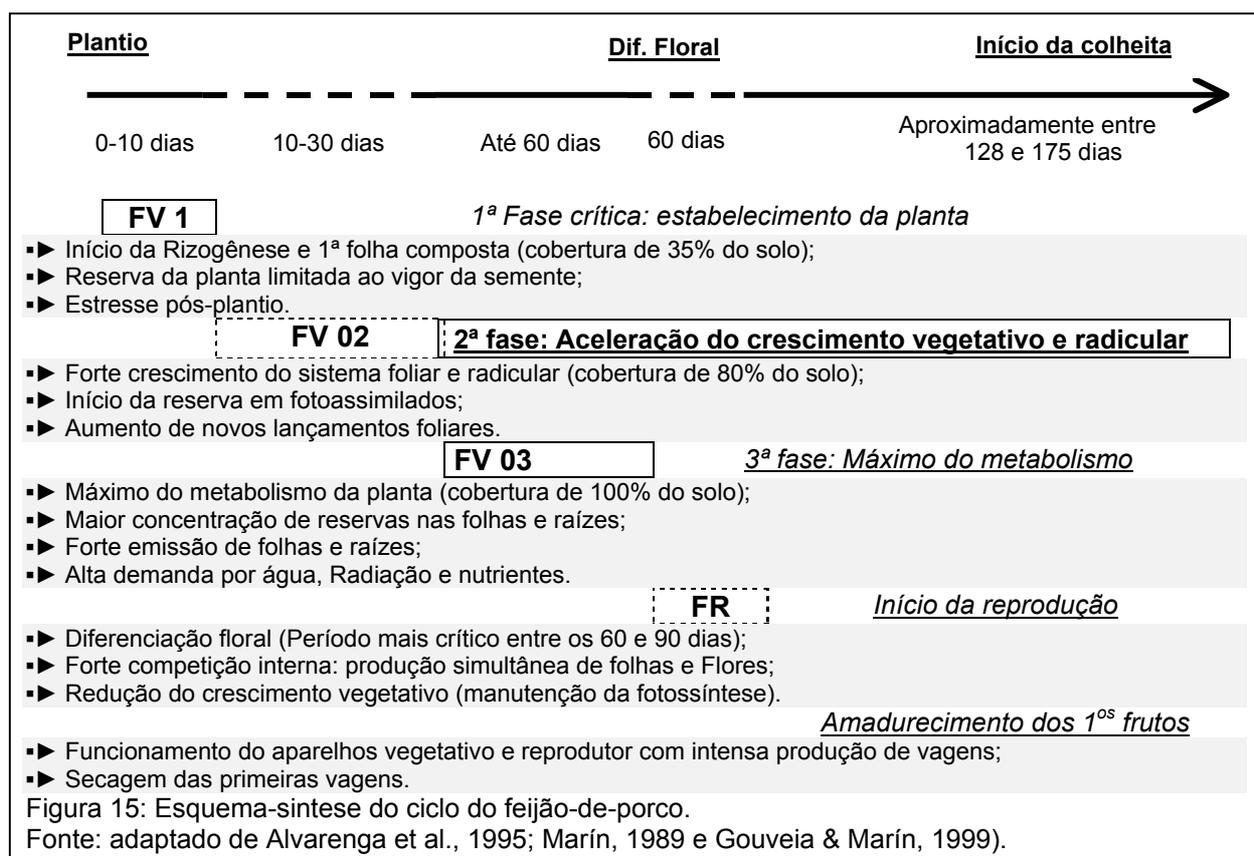
Gouveia (1995) acrescenta o uso de leguminosas na adubação verde é altamente justificada devido sua baixa relação C:N apresentada na fitomassa que, aliada à característica tenra dos tecidos da maioria das espécies, contribuem para uma maior e mais rápida taxa de mineralização durante o processo de decomposição do material vegetal no solo.

4.3.1.1. Algumas particularidades do cultivo do feijão-de-porco (*C. ensiformes* (L.) D.C.)

Não se tem muita certeza sobre o Centro de origem do feijão-de-porco. Calegari (1995, p. 51) cita que esta espécie tem origem no continente africano, apesar de também ser encontrado, em estado silvestre, nas Antilhas e zonas tropicais Asiáticas. Por outro lado, encontramos afirmações de que esta espécie seja endêmica da América Tropical (Marín & Gouveia, p. 2). A certeza é que seu habitat natural é em regiões de clima quente.

Apesar de grande diversidade de cultivares, o feijão-de-porco parece manter um quadro fenológico típico, sendo caracterizado por um ciclo que pode variar entre 128 e 365 dias, dependendo das condições do meio cultivado (figura 15) (Marín, 1995, p. 14).

FV = Fase Vegetativa; FR = Fase Reprodutiva



Em termos de rendimento, o feijão-de-porco pode ser considerado como uma leguminosa de alto rendimento, mesmo em solos com baixa fertilidade (de 1800 a 1970

kg/ha). E em comparação aos solos com investimento em adubação, observa-se um ganho significativo em termos de matéria seca (entre 1950 e 2100 kg/ha).

Porém Marín (1989, p. 10) ainda nos alertam para o efeito da densidade populacional sobre o rendimento da Canavalia (quadro 07), onde eles consideram que 50 mil plantas/ha apresentam os melhores resultados de crescimento desenvolvimento vegetativo.

Quadro 07 – Variação dos Indicadores de desempenho vegetativo do feijão-de-porco em 3 densidades populacionais distintas.

Indicador	Densidade populacional (plantas/ha)		
	25 mil	50 mil	80 mil
Início da competição Intra-específica	Aos 76 dias	Aos 76 dias	Aos 47 dias
Evolução Máxima do IAF	Aos 127 dias	Aos 96 d	Aos 76 d
Declínio do IAF	Após 127 d	Após 96 d	Após 76 d
Evolução Max. Matéria Seca	Aos 157 dias	Aos 200 d	Aos 200 d
Maior Eficiência Produtiva	Aos 47 dias	Aos 47 d	Aos 76 d
Declínio da Efic. Produtiva	Aos 90 dias	Aos 90 d	Aos 90 d
Maios Índice de Cresc. Planta	Aos 96-127 dias	Aos 63-76 d	Aos 63-76 d
Duração da Ativ. Fotossintética	127 dias	134 dias	128 dias
Redução da Produção de Reservas	Aos 76 dias	Aos 76 dias	Aos 35 dias
Rendimento	Alto	Muito Alto	Baixo

Fonte: adaptado de Marín (1989).

Concretamente, observamos dentro de uma recente literatura, que esta leguminosa vem sendo alvo de diversos estudo agrônomicos, na construção de referenciais ecofisiológicos importantes para a utilização desta espécie como um cultivo agrícola, seja o monocultivo ou associado a outras espécies, mas desempenhando importante papel na manutenção das propriedades naturais dos solos.

Atualmente o feijão-de-porco vem sendo bastante cultivado, geralmente com um papel de fertilizante natural e melhorador das propriedades físicas do solo, além de ajudar a combater as espécies invasoras em áreas cultivadas. Do ponto de vista nutricional, possui um grande potencial na alimentação humana devido ser uma excelente fonte proteica, além de ser utilizado no complemento de rações de ruminantes, suínos e aves (Marín & Gouveia, 1999, p. 2).

Alguns estudos agrônomicos e ecofisiológicos tem apontado diferentes formas de comportamento do feijão-de-porco. Calegali (1995, p. 53) constatou que, no sul do Brasil, esta espécie apresenta efeito supressor e/ou alelopático as invasoras devido seu rápido crescimento, mas ela apresenta susceptibilidade a nematóides fitoparasitas. Já Abboud (1986) reforça sobre os efeito benéficos do feijão-de-porco, tanto no rendimento do milho, quanto na ação desta leguminosa no combate de outras espécies concorrentes. Abboud (1986) e Jesus (1993), concordam quanto a sua capacidade de mobilização de grandes quantidades de nutrientes das camadas mais profundas do solo, contribuindo assim para uma maior disponibilidades deste nas camadas mais superficiais, além de fixarem N²,

mesmo considerando sua forte demanda por macronutrientes, principalmente o Ca e K. Franco & Souto (citados por Gouveia, 1995, p. 22) relatam a capacidade de fixação e imobilização de nutrientes (do solo e N² do ar) pelo gênero *Canavalia*, sendo que a *C. brasiliensis* (feijão-bravo-do-Ceará) chega a assimilar até 800 kg de N.ha⁻¹ por ano, além de constatar-se uma elevada eficiência do sistema radicular, permitindo a extração de nutrientes pouco solúveis no solo, especialmente o fósforo. Em contrapartida, Rando & Quintanilha (citados por Gouveia, 1995), constataram efeitos negativos do feijão-de-porco em associação à mamona (*Ricinus communis* L.), atribuindo este fato a substâncias alelopáticas para com esta espécie.

Tudo isto nos mostra que, dependendo do clima e das condições edáficas, o feijão-de-porco pode apresentar vantagens significativas para um sistema associado. O segredo está na compreensão das possíveis inter-relações com o meio cultivado (espécie associada e condições edafo-climáticas). Vale ressaltar que a grande maioria dos resultados animadores do uso desta leguminosa concentram-se em regiões de clima tropical.

4.3.2. Referencias do uso de leguminosas como melhoradoras dos sistemas de cultivo

Tem sido recorrente a utilização de adubação verde nas atividades agrícolas, devido ser uma alternativa natural de reposição de nutrientes para os cultivos. No caso das leguminosas, esta eficiência aumenta pois 2/3 do N-total disponibilizados por esta família são oriundos do N². (Wade & Sanchez, citados por Gouveia, 1995, p. 14).

Stamford (1971, p. 1-3) relata que a valorização científica sobre a função ecológica das leguminosas aparentemente surge na década de 50, graças as possibilidades de transversalidades entre as disciplinas da agronomia, ecologia e biologia. Compreender as propriedades de fixação de N₂ exigiu, de certa forma, uma aplicação de conhecimentos do campo biológico no campo da produção vegetal. Assim, o estudo das leguminosas como forrageiras em pastagens tropicais cultivadas, por exemplo, tem sido recorrente em inúmeras teses agronômicas, principalmente no que tange os aspectos ecofisiológicos dessas espécies. Dentre as mais estudadas podemos citar: a soja perene (*Neonotonia wightii* L.), Lab Lab (*Dolichos lab lab* L.), Kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* L.) e Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* L.). Além do mais, vários experimentos tem confirmado que a adubação verde tem sido mais eficiente no combate aos nematóides fitotóxicos do que os tratamentos químicos, além de baixos custos e ser ecologicamente sustentável (Resck et al., Sharma et al., Sharma & Scolari e Reddy et. al. - todos citados por Abboud, 1986).

Em relação ao feijão-de-porco (*C. ensiformis* (L.) D.C.), vem se afirmando como uma espécie de grande interesse para a pesquisa agronômica. Abboud (1986, p. 5-55), em

trabalho de revisão, tem ressaltado a importância desta espécie na adubação verde em regiões quentes, devido apresentar uma nodulação geralmente espontânea nos trópicos, resultando numa grande capacidade de fixação de N^2 , mesmo em solos com pH baixo.

Abboud (1986, p. 217) estudando as possibilidades da utilização de sistemas agrícolas integrados com leguminosas tropicais, para a absorção e aproveitamento de fósforo de fontes poucos solúveis, concluiu que em solos ácidos o feijão-de-porco obteve o maior rendimento de matéria seca, não respondendo a nenhuma dose de fósforo. Também quando ele é incorporado ao solo, aumenta a disponibilidade de potássio no solo, em relação a outras espécies testadas.

Segundo Whitney, citado por Abboud (1986), as leguminosas forrageiras tropicais podem acrescentar até 440 kg/N/ha/ano em sistemas de pastagem consorciada, além de apresentarem boa tolerância a acidez dos solos, variando seu comportamento de acordo com a espécie e o ambiente. As referências mais antigas da prática de adubação verde datam de 1.134 a. c., na China e 3 séculos a.c. na Grécia, onde utilizava-se *Lupinus spp.* como adubo verde. E o empirismo destas práticas tem sido mantido até os dias de hoje pela agricultura tradicional, principalmente em sistemas de rotação entre espécies de Leguminosas e Gramíneas.

4.3.2.1. Efeitos do cultivo do feijão-de-porco na fertilidade do solo

Como já comentamos acima, uma das mais importantes justificativas da associação entre gramíneas e leguminosa é que a primeira utiliza grande parte do N^2 fixado pela leguminosa, a curto prazo (via decomposição dos nódulos radiculares) e o médio prazo (via decomposição das folhas e demais partes da planta) (Broadbent et al. e Weaver, citados por Vargas (1991).

Na região da rizosfera ocorre uma troca constante entre raízes e o solo, com absorção de água, nutrientes via exudação de substâncias orgânicas. Assim, além do efeito físico estruturador promovido pelas raízes das leguminosas, ocorrem alterações de caráter químico, físico-químico e biológicos que favorecem a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos (Siqueira & Franco, citados por Gouveia, 1995, p. 18).

Sobre os efeitos na fertilidade dos solos, alguns estudos dão conta do papel das leguminosas – em particular, o feijão-de-porco - na ciclagem de alguns elementos minerais do solo.

Abboud (1986), conduzindo experimento em casa de vegetação avaliou a resposta de 13 leguminosas a calagem e observou que o feijão-de-porco é o que menos responde a esta prática e assim mesmo apresenta alto rendimento de MST em solos de pH baixo (4,5) e Alumínio tóxico (1,2 meg/100g). Ele também pouco responde a aplicação de fósforo pois sua semente possui grande quantidade acumulada deste nutriente. O feijão-de-porco

também extrai dos solos grandes quantidades de cálcio mesmo quando estão em baixas quantidades no meio.

Mengel & Kirkby, citados por Abboud (1986), observou-se que a demanda por fósforo da soja aumenta significativamente a partir da fase de enchimento dos grãos. Porém o feijão-de-porco pouco depende deste mineral na fase inicial de crescimento e desenvolvimento pois possui alta reserva em suas sementes.

Quanto ao potássio, Abboud (1986) afirma que o feijão-de-porco e o feijão-bravo-do-ceará são capazes de mobilizar grandes quantidades, possibilitando redução de efeitos de lixiviação deste elemento no solo, além de promover a mobilização nas camadas mais profundas para as camadas superficiais do solo.

Ainda são poucos os estudos sobre os efeitos de acumulação de nitrogênio e uso pelo consórcio, mas resultados recentes mostram uma variação muito alta na transferência deste elemento entre as plantas (de 0 a 80%). Mas talvez esta imprecisão se deve pela curta duração dos experimentos que tem abordado este tema (Broadbent et. al., citado por Vargas, 1991). O autor ainda constatou que na mais baixa relação entre leguminosa X gramíneas (1:4), o consórcio *B. brizantha* e *Centrosema* Itaguaí conseguiu acumular, em 91 dias, 101 kg de N.ha⁻¹. Ainda Abboud & Duque (em elaboração) demonstraram que o feijão-bravo-do-ceará pode produzir até 11 toneladas de matéria seca e mais 285 kg de nitrogênio por hectare, fora outros elementos como o potássio (145 kg/K₂O/ha) e fósforo na forma orgânica (equivalente a 60 kg de P₂O₅/ha).

Gouveia (1995, p. 15), conduzindo associação entre pimentão (*Capsicum annum* L.) e feijão-de-porco experimento em latossolo vermelho-amarelo, não observou forte competição neste sistema de cultivo. Também constatou uma alta produção de matéria seca na parte aérea desta leguminosa (1.636 kg/ha⁻¹), com forte acumulação de nitrogênio (62 kg/ha⁻¹) e de cálcio (kg/ha⁻¹). Logo após o pimentão, o feijão-de-porco foi incorporado no solo e, seguida, plantou-se o milho, obtendo-se rendimento interessantes.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo contou com 03 etapas metodológicas complementares na construção dos resultados.

A primeira, que antecedeu este capítulo, baseou-se no levantamento bibliográfico, buscando sintetizar uma leitura atual da importância e das possibilidades da associação entre a bananeira e espécies de leguminosas. Devido a ainda escassa literatura sobre o tema em foco, buscou-se uma articulação com outros estudos relacionados a avaliações de sistemas de cultivo com o componente leguminosas e seus respectivos impactos sobre o crescimento

e desenvolvimento vegetal, além dos efeitos sobre o meio cultivado. Esta etapa foi executada durante todo o período em que o estudo foi realizado.

Na etapa seguinte, de caráter experimental, implantou-se três parcelas experimentais para comparação e validação das hipóteses elaboradas. Este dispositivo experimental foi conduzido durante 7 meses, cobrindo quase a totalidade da fase vegetativa da bananeira. Os detalhes desta etapa aparecem logo abaixo.

Uma terceira e última etapa caracterizou-se por um diagnóstico das parcelas implantadas e pela adaptação de um modelo de simulação do sistema Planta – Solo – Clima, denominado de STICS (Simulateur mulTidisciplinaire pour les Cultures Standards). Atualmente, este modelo vem sendo parametrado para a simulação de sistemas associados de cultivos em regiões tropicais (Brisson, 1998). Utilizou-se tanto as informações coletadas nas parcelas experimentais (dados climáticos, do ciclo vegetativo, etc) quanto algumas constantes estabelecidas por outros estudos (a construção inicial do modelo, coeficientes culturais, etc.). Esta etapa teve início tão logo se iniciou a coleta de dados experimentais.

Seguindo os passos da análise de elaboração do rendimento, apresentamos neste capítulo uma avaliação retrospectiva da evolução dos componentes de rendimento da fase vegetativa da bananeira, lembrando que a produção de biomassa que será decisiva na determinação do número e peso dos frutos ao final do ciclo.

5.1. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O Departamento francês de Guadalupe (figura 16) constitui-se em um arquipélago localizado no arco insular das Pequenas Antilhas (61° longitude Oeste e 16° de latitude Norte) entre o Oceano Atlântico a Leste e o mar do Caribe ao Oeste. Com uma área de 1780 Km², o arco compreende a 9 ilhas habitadas.

A Estação Experimental do INRA – Domínio Duclos – situa-se na porção norte de Guadalupe (Basse-Terre) a uma Latitude de 16°12' N; uma Longitude de 61°40' W e uma Altitude de 120 m. Esta região reúne todas as características do meio tropical úmido. Tal região forma uma espécie de estreita cordilheira composta de colinas e montanhas coberta por floresta densa e savanas arbustivas. Atualmente, a atividade agrícola que predomina em Basse-Terre é o cultivo da banana e da cana-de-açúcar, além de pequenas propriedades rurais com produção de hortaliças.



Figura 16: Mapa do Arquipélago de Guadalupe – Pequenas Antilhas do Caribe

5.1.2. Condições climáticas

Segundo a classificação de Köppen, o arco das Antilhas situa-se num clima tropical úmido (Schayes, citado por Sondag, 1996). A temperatura média anual é relativamente constante em 25°C ao longo do ano, mas oscilando entre 18 e 30°C (Chauvet, 1983). A precipitação pluviométrica caracteriza-se por um déficit hídrico variável que ocorre no período de janeiro a abril. Entre os meses de maio e julho, tem-se um período transitório com poucas chuvas. A forte precipitação concentra-se entre agosto e dezembro (Thevenean, citado por Mure, 1984).

Portanto, as condições climáticas normais da parte norte de Guadalupe são consideradas ideais para o plantio da bananeira, com risco de perdas concentrados nas estações de ciclones (setembro a novembro), quando a velocidade do vento pode superar 200 Km/hora.

No ano de acompanhamento deste estudo (setembro 2001 a abril de 2002) caracterizou-se como um ano atípico devido uma prolongada estação seca, com seu fim no início do mês de setembro. Devido a este fenômeno, optou-se por instalar o experimento logo após o estabelecimento da estação chuvosa, para evitar o uso de irrigação. Já no caso do segundo plantio da bananeira, a boa precipitação pluviométrica garantiu uma disponibilidade hídrica suficiente para evitar um estresse climático (figura 17).

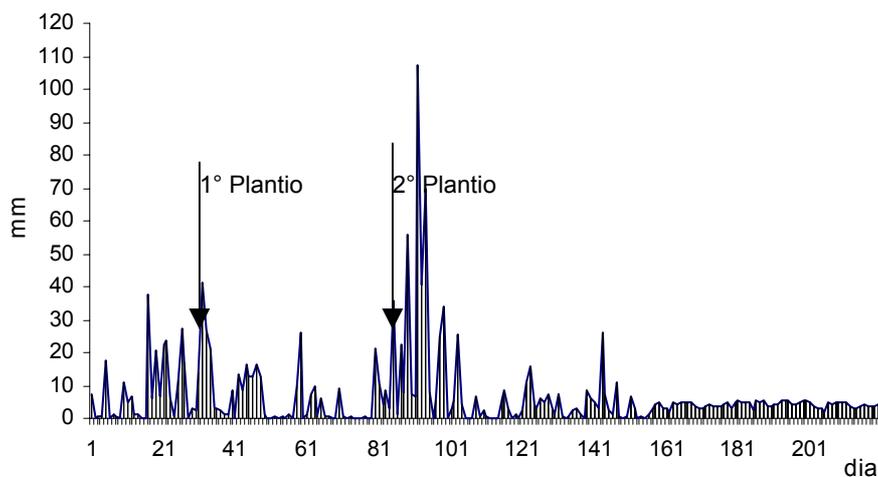


Figura 17: Distribuição pluviométrica durante o ciclo da bananeira.

Em relação a temperatura, observou-se que ocorreu uma ligeira variação decrescente deste indicador climático, mas isto não chegou a causar efeitos negativos no ciclo vegetativo da bananeira. Do ponto de vista da emissão e funcionamento foliar, a temperatura na época chuvosa apesar de manter um pouco baixa não se aproximou do mínimo exigido pela planta (aos 14°C a bananeira paralisa seu crescimento) (figura 18).

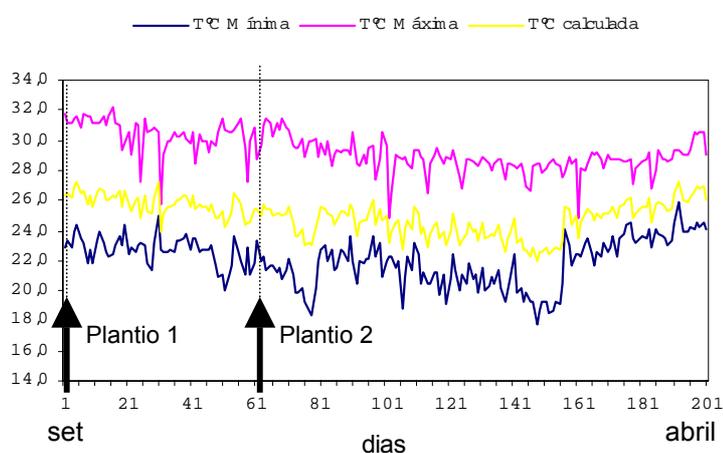


Figura 18: Comportamento da temperatura do ar durante o ciclo da bananeira.

Na porção Norte da Ilha de Guadalupe, mas precisamente na ilha de Basse Terre, observa-se uma variação de solos de formação vulcânica. Porém nota-se a predominância dos solos ferrálticos a Haloisíticos (Latosolos). Esta ilha faz parte de um arco vulcânico antigo (aproximadamente 6 milhões de anos), tendo uma atividade vulcânica no maciço da Soufrier (1.467m). O material originário destes solos são: feldspatos calcosódicos, piroxenes e amfíboles.

Com a presença de um relevo acidentado, altos índices de pluviosidade e temperaturas elevadas, a região sofre intensas alterações nos seus minerais primários e uma formação massiva de argilas de neogênese. Os solos são essencialmente constituídos de argilas (geralmente de 60 a 80%, podendo chegar até a 95%). Dentro de cada região pedoclimática a fração argilosa é quase monomineral (Van Oort, citado por Gravier, 1992, p.5).

A ação erosiva sobre o material, incluindo os movimentos tectônicos, conformaram o relevo atual com diferentes situações. Assim, os solos do tipo Latossolos, surgem de uma prolongada e intensa alteração das rochas andesitas, a partir da qual os minerais primários foram destruídos e transformados em minerais argilosos por neoformação, com uma acumulação de Oxi-Hdróxidos de ferro e alumínio. Este processo causou o desaparecimento do silício e a eliminação dos cátions básicos (Na, K, Mg e Ca) por lixiviação (Pepin, 1991).

Na parte norte de Basse Terre (aonde se localiza a estação experimental de Duclos, INRA) as rochas-mães são muito mais antigas e a ação do intemperismo é muito mais forte, se achando os solos ferralíticos a haloisíticos.

5.1.3. Condições edáficas da parcela experimental

O Centro do INRA situa-se na confluência de dois rios. O Grande Rio Goiaba e o rio David. Os solos do campo experimental estão submetidos a uma forte e rápida alteração de suas características granulométricas: areia, cascalhos e pedregulhos, todos constituídos de minerais alterados (Chauvet, 1983). Sobre tais condições climáticas, espera-se uma neoformação por hidrólise das argilas 1/1 e a estabilização dos óxidos e hidróxidos de ferro, a sílica e as bases são rapidamente exportadas - formação de solos ferralíticos.

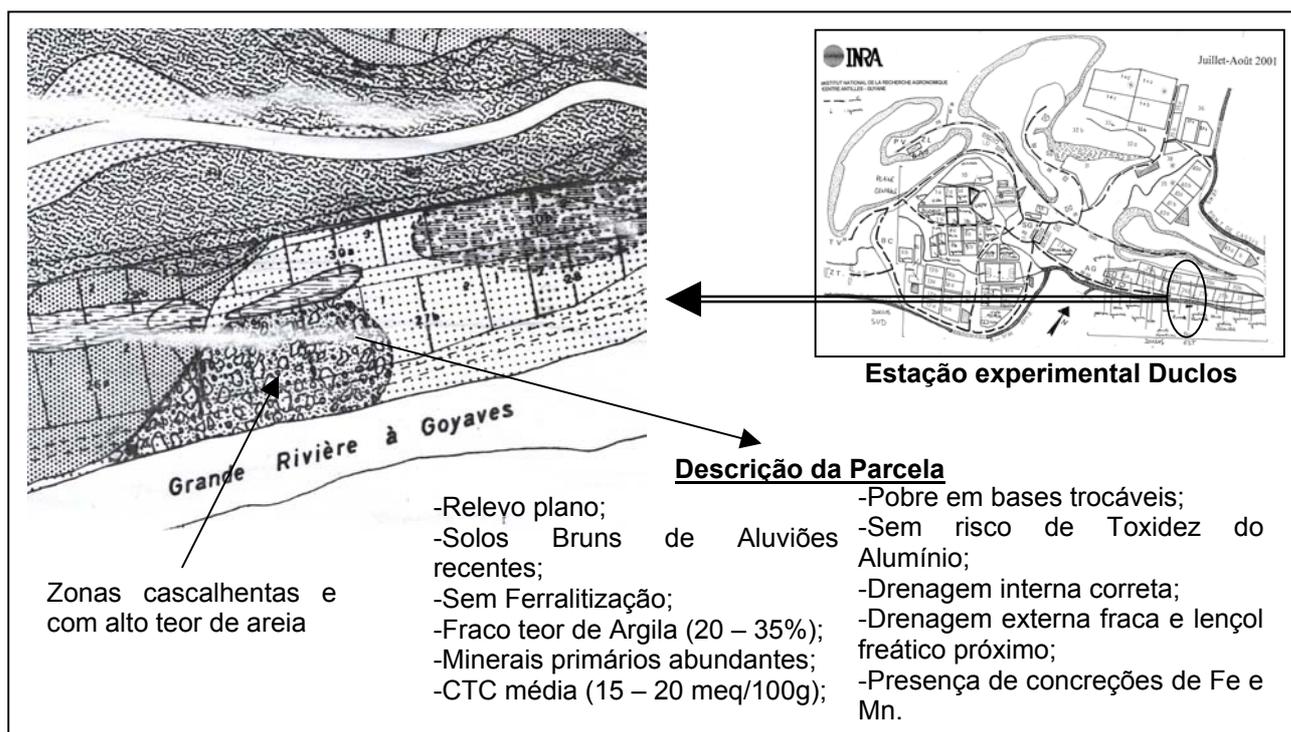


Figura 19: localização do experimento.

Quadro 08: Outras características da parcela experimental 27A

C	N	PH	K	CTC	Al
1,53	1,46	4,9	0,46	20,4	0,60

Fonte: INRA – Estação Duclos.

5. 2. A INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O preparo da parcela foi considerado homogêneo, realizando-se duas passagens de disco no dia 31 de agosto e no 10 de setembro de 2001. Optou-se pela não realização de adubação na área, possibilitando assim uma melhor visualização da relação entre o solo e o desenvolvimento radicular. Sobre o histórico da parcela, o cultivo precedente foi o inhame, com uma adubação química de 110 Kg de nitrogênio/ha, sendo colhido em fevereiro de 2001, onde a área ficou em descanso até o preparo para o plantio da bananeira.

A utilização de mudas bastante homogêneas do ponto de vista genético (propagadas *in vitro*), permitiu a observação de uma variação fenotípica interna as parcelas acompanhadas. Esta variação está relacionada com a heterogeneidade pedológica dentre as extremidades das parcelas, citadas anteriormente. Porém, como a disposição espacial estabelecida, considerou-se esta diferença interna como uma variação presente em todos os tratamentos, possibilitando assim uma comparação direta entre as médias.

Para a instalação das três parcelas de bananeira utilizou-se uma área total de 1900 m² (0,19 ha). O detalhamento do dispositivo experimental e densidade das populações vegetais está exposto no quadro abaixo.

Quadro 09 – Dispositivo Experimental – Parcela 27-A, INRA – Antilhas/Guianas, Domaine de Duclos, Petit-Bourg, em Guadalupe.

Termo de comparação	Cód.	Característica	tamanho da parcela	Nº de plantas por tratamento*
Banana pura (monocultivo)	BP	Simulação de um monocultivo	663 m ²	105 mudas de bananeira
Consórcio com plantio na mesma data	BA	Competição progressiva ao longo do ciclo	663 m ²	105 mudas de bananeira; 2655 plantas de feijão-de-porco.
Consórcio com plantio da banana após 60 dias.	BA 60	Competição intensa no estabelecimento da bananeira	663 m ²	105 mudas de bananeira; 2655 plantas de feijão-de-porco.
TOTAL	03	-	49 X 39 m (1900 m²)	315 mudas de bananeira 7965 plantas** de F. de porco

* Densidade do plantio: Banana = 1890 ptas/ha e Canavalia = 25.000 ptas/ha.

** Utilizou-se cerca de 12 Kg de sementes de Feijão de porco para o plantio (relação com o peso de 1000 sementes = 1285g, segundo Calegari (1995).

O desenho espacial do plantio foi definido em função das práticas predominante na ilha, definindo-se a forma de quincôncio ou triângulo equilátero, conforme exemplo abaixo.

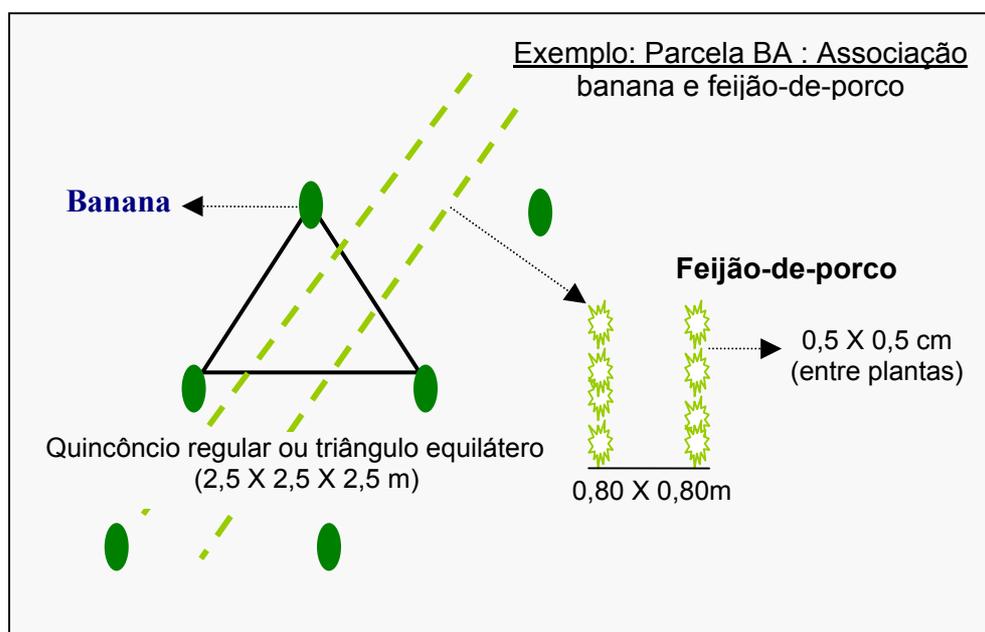


Figura 20: Disposição espacial do plantio das espécies.

A primeira etapa do plantio foi realizada na segunda semana do mês de setembro/2001, com um período regular de precipitação pluviométrica. Nesta primeira etapa as três parcelas foram implantadas, sendo a terceira apenas com o feijão-de-porco, conforme o dispositivo acima citado.

A segunda fase do plantio foi realizada na segunda semana de novembro/2001, após o primeiro plantio completar 60 dias de estabelecimento. Nesta fase, a terceira parcela - BA (T60) – encontrava-se com uma considerável cobertura verde no solo, devido o bom desenvolvimento da leguminosa.

Durante a condução técnica das parcelas, não foi necessário a utilização de irrigação pois não observou-se grandes problemas no tocante a situações de forte déficit hídrico.

Por outro lado, o aumento da pluviosidade acarretou uma alta germinação de invasoras, demandando freqüentes capinas nos três tratamentos.

Em relação ao controle de invasoras, observou-se uma diferença significativa em termos de números de capinas entre o monocultivo e as associações. No início, notou-se uma maior dificuldade de controle de invasoras nas parcelas associadas pois a capina manual é a única forma de evitar perdas consideráveis do plantio de feijão-de-porco. Assim, o monocultivo de banana possibilitou um controle mecânico eficiente das invasoras e, conseqüentemente, uma maior exposição do solo aos impactos da chuva e da radiação solar. Por outro lado, após o estabelecimento do feijão-de-porco (após 2 meses do plantio), não se fez necessária a capina dentro das parcelas com a leguminosa devido uma boa cobertura vegetal do solo. Assim, esta atividade foi necessária apenas no monocultivo da banana.

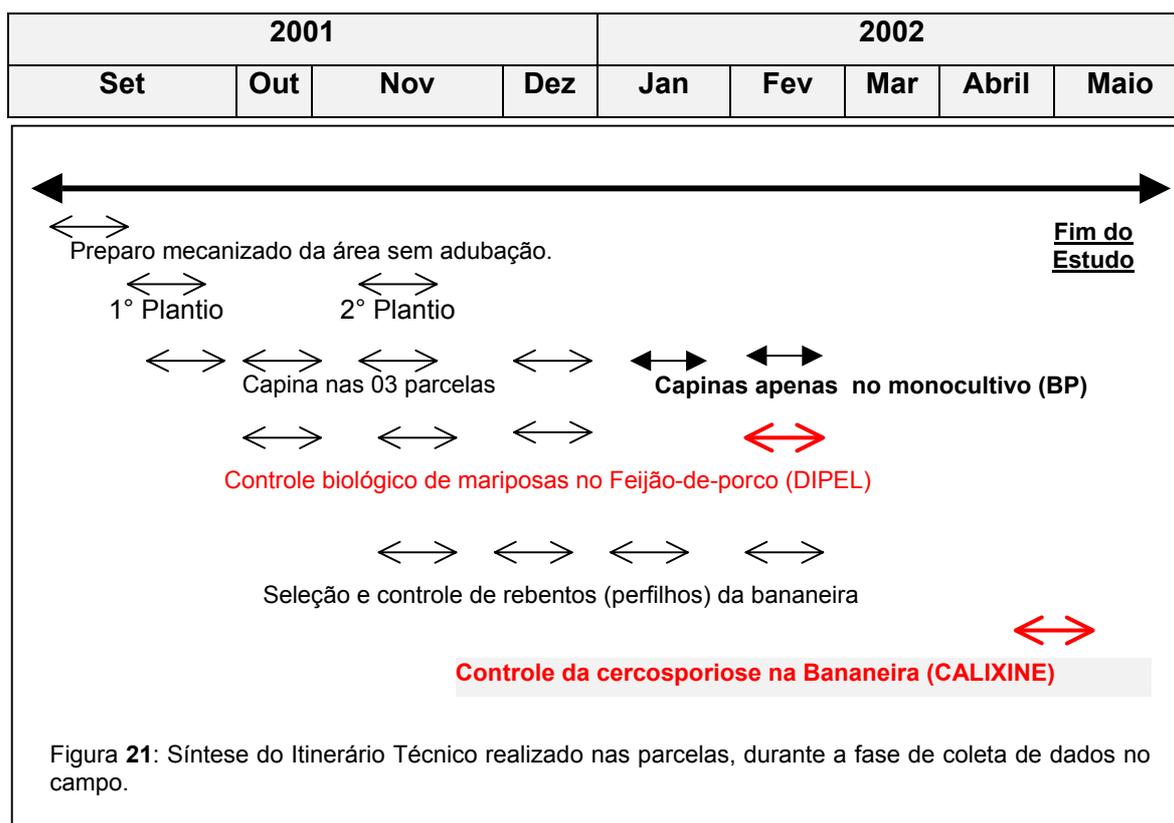
Sobre intervenções fitossanitárias, a bananeira não apresentou nenhum estado de forte competição em termos de pragas e doenças. No caso do feijão-de-porco, fez-se necessário o controle sistemático de mariposas, utilizando-se o produto biológico (DIPEL⁷), cujo tratamento mostrou-se bastante eficiente.

Em termos de condução da segunda geração da bananeira, eliminou-se os perfilhos de cada planta, selecionando-se apenas um perfilho. Este perfilho será mantido até o corte da planta-mãe, dando continuidade ao segundo ciclo do cultivo.

Portanto, podemos afirmar que o itinerário técnico executado nas parcelas estudadas diferiu do padrão executado pelos agricultores locais, pois optou-se pela não utilização de insumos químicos (adubação, capina e controle fitossanitário).

Outra observação importante é sobre o tratamento fungíco das três parcelas de banana durante o sexto mês do ciclo. Devido uma alta concentração de calixine, observou-se a perda de algumas folhas das bananeiras, podendo afetar a fase final do ciclo vegetativo, causando uma ligeira diminuição da superfície foliar nos dados do sétimo mês.

Abaixo podemos visualizar melhor o Itinerário técnico seguido no período de acompanhamento das parcelas experimentais.



5.2.1. O diagnóstico agrônômico

A análise agrônômica do potencial produtivo da bananeira foi realizada ainda na fase vegetativa, pois é durante os primeiros meses do ciclo que a capacidade de produção da planta é definida.

Conforme já foi mencionado anteriormente, o rendimento potencial da bananeira é determinado durante o estabelecimento e desenvolvimento do seu aparelho vegetativo. O mesmo encontra-se fortemente ligado a capacidade da planta em produzir biomassa suficiente para suprir as necessidades na fase reprodutiva (equilíbrio entre a oferta e a demanda) (Jannoyer, 1995).

Este tipo de avaliação antecipada do rendimento, pode ser apoiada através do estabelecimento de uma relação direta entre a biomassa total produzida e o número de frutos a ser formado. Um dos indicadores utilizados para estabelecer esta relação é a evolução do volume do pseudo-caule da planta, que pode ser decomposto ainda em dois sub-componentes: o diâmetro e a altura do pseudo-caule.

Portanto, através destes indicadores vegetativos da planta, podemos estabelecer várias comparações visando melhor compreender as inter-relações entre os estados de crescimento da bananeira com o meio cultivado (fatores e condições da parcela).

⁷ Inseticida biológico, a base de *Bacillus Thuringiensis Serotype 3a3b* (Kurstaki), formulação 16.000 Up/mg – Pó. Utilizou-se a mesma proporção que é aplicada para o gênero *Vigna*, ou seja, 1Kg/ha.

Para aprofundar esta análise, buscou-se localizar com mais precisão em que fase do ciclo vegetativo ocorreram as limitações e quais componentes de rendimento da planta foram afetados. Após evidenciada estas fases, realizou-se comparações entre os indicadores de crescimento vegetativo da planta e os fatores e condições do meio cultivado.

Para confirmar (ou não) uma limitação na oferta destes fatores no período de estabelecimento e crescimento, o meio adefoclimático e as intervenções técnicas foram considerados os fatores mais determinantes.

Após detalhar as características dos captosres da planta, avaliou-se os efeitos climáticos no processo de produção de biomassa. E em seguida, analisou-se as conseqüências edáficas e nutricionais ligadas principalmente ao crescimento e desenvolvimento subterrâneo da bananeira nas diferentes situações, assim como os efeitos das intervenções técnicas.

Assim, após os 07 primeiros meses do ciclo vegetativo, a análise foi estabelecida em dois momentos. Estes momentos buscam responder a duas questões fundamentais levantadas neste estudo:

→ **Primeira questão: o cultivo associado estabelece uma estado de competição limitante para o rendimento da bananeira?**

Primeiro momento da análise: a comparação entre o monocultivo da bananeira (BP) e a associação com o feijão-de-porco plantados simultaneamente (BA).

→ **Segunda questão: A associação em momentos críticos pode limitar o rendimento da bananeira? Como?**

Segundo momento da análise: A comparação entre a associação com o feijão-de-porco plantados simultaneamente (BA) e a associação com o plantio posterior da bananeira (BA 60).

5.3. DEFINIÇÃO DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Buscamos comparar duas situações diferentes de estabelecimento da associação entre a bananeira e o feijão-de-porco. Reforçamos que trata-se de um estudo inicial sobre as possibilidades de convivência entre a bananeira e uma leguminosa, buscando-se compreender em que níveis de competição estes sistemas de cultivo podem ser viáveis.

Como material de propagação da bananeira optamos pelo uso de mudas provenientes de cultura de tecidos (propagação *in vitro*), para garantir o máximo de homogeneidade das plantas nas parcelas a serem comparadas, além de outras características como sanidade, vigor e precocidade.

O feijão-de-porco foi escolhidos pelos vários motivos citados anteriormente. No entanto, optou-se por introduzir uma variação no calendário de estabelecimento da associação, objetivando testar duas situações de competições diferentes entre as duas espécies. Os tratamentos comparados ficaram definidos desta forma:

► **BP:** *o plantio solteiro da bananeira* - simulando o monocultivo da bananeira, que é amplamente praticado no Brasil, Guadalupe, Martinica e demais países produtores. Esta parcela serviu de testemunha para avaliarmos os componentes de elaboração do rendimento nas parcelas associadas.

► **BA:** *o plantio simultâneo da banana e feijão-de-porco* - simulamos aqui um sistema de cultivo mais complexo, marcado por um mesmo calendário de plantio e, conseqüentemente, uma forte competição durante toda a fase que antecede a floração das duas espécies, especialmente durante os 2 primeiros meses do ciclo vegetativo.

► **BA 60:** *o plantio da banana somente após 60 dias do ciclo do feijão-de-porco* - optamos aqui por simular uma variação do sistema associado, tendo inicialmente o estabelecimento do feijão-de-porco sem competição (monocultivo) e, após 60 dias, o plantio da bananeira para forçar um estado de competição extrema entre a fase de floração do feijão-de-porco e a fase de estresse inicial e crescimento da bananeira. Esta competição deverá ser avaliada pelos vários fatores acompanhados, principalmente a radiação incidente, disponibilidade hídrica e competição por espaço (colonização das raízes no solo e exigências nutricionais de cada espécie). Vale ressaltar também que este tipo arranjo contribuirá na minimização dos processos erosivos no solo, além de reduzir as atividades de capina e adubação nitrogenada na parcela.

Quadro 10 – Dispositivo Experimental – Parcela 29-A, INRA – Antilhas/Guianas, Domaine de Duclos, Petit-Bourg, em Guadalupe.

Termo de comparação	Cód.	Característica principal
Banana Pura (monocultivo)	BP	Simulação de um monocultivo.
Consórcio com plantio na mesma data	BA	Competição progressiva ao longo do ciclo.
Consórcio com plantio da banana após 60 dias.	BA 60	Competição intensa no estabelecimento da bananeira.
TOTAL	03	-

5.4. O DETALHAMENTO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Inicialmente, há de se considerar que as recentes construções teóricas de Ganry (1980), Jannoyer (1995) e Jullien (2000) sobre a relação dos componentes do rendimento da bananeira e algumas variáveis climáticas e pedológicas foram decisivas para a aplicação desta abordagem agrônômica mais transversal em relação a outras disciplinas.

O objetivo central do atual experimento foi de testar e formalizar, do ponto de vista agro-ecofisiológico, algumas possibilidades da associação entre a bananeira e utilização de uma leguminosa como cobertura viva. O enfoque especial foi dado para os fatores e condições ligados a planta (rendimento potencial e nutrição), ao clima (radiação solar e balanço hídrico) e as características do solo (teor de água, nitrogênio e colonização radicular). O fio condutor de toda a análise foi o estado de competição por água, nitrogênio e energia solar, existentes na associação proposta, pois são os principais fatores que influenciam na produção de biomassa da bananeira. Estes parâmetros de produção vegetal foram também definidos como parâmetros de entrada do modelo STICS, buscando uma estimativa do rendimento final.

Através da ferramenta do diagnóstico agrônomo baseado na análise da elaboração do rendimento através de seus componentes, buscou-se explicar as variações dos rendimentos da bananeira, no tempo e no espaço, identificando e hierarquizando os principais entraves agrônômicos ao «funcionamento vegetativo» das populações vegetais estudadas.

O ponto principal definido para a comparação foi o rendimento potencial da planta, ao final do ciclo vegetativo, ou seja, a produção total de biomassa.

Jannoyer (1995) nos alerta sobre a importância de acompanhar os níveis de matéria seca total da planta, sendo este um indicador primordial para a previsão antecipada do rendimento potencial da bananeira. Podemos ter uma noção do rendimento tão logo se inicia a fase reprodutiva da bananeira. Isto se deve principalmente ao fato de se tratar de uma espécie monocotiledônea de crescimento determinado. E este componente nos mostra o limite potencial da produção frutos da bananeira, sendo o mesmo visualizado após a saída do cacho do pseudo-caule. Porém, o rendimento potencial da bananeira é definido bem antes da saída da inflorescência. Em outras palavras, o início da diferenciação floral (fenômeno interno à planta) é marcado pela definição prévia da quantidade de reserva que a planta dispõe para o enchimento dos frutos. E, neste momento, já se tem definido o teor de nitrogênio que, segundo Jannoyer (1995), influencia diretamente na definição antecipada do número de flores femininas a serem formadas na futura inflorescência.

Desta forma, privilegiou-se o acompanhamento da fase vegetativa da bananeira, justamente no início da diferenciação dos primórdios florais.

Reforçamos ainda que o feijã-de-porco não foi analisado com a mesma profundidade que a bananeira pois privilegiamos a espécie comercial. Assim consideramos a leguminosa como uma espécie de "caixa preta" do sistema, ou seja, um acompanhamento pouco detalhado do seu ciclo, buscando entender alguns de seus efeitos sobre a população vegetal, mas sem muito aprofundamento sobre a elaboração de seus componentes de rendimento.

5.4.1. As fontes de variação ligadas ao sistema foliar da bananeira e as condições climáticas

Para o acompanhamento e avaliação da evolução do sistema foliar (aparelho fotossintético) definiu-se alguns dos componentes essenciais para de ajuda na compreensão deste fenômeno.

5.4.1.1. Altura e diâmetro do pseudo-caule

São componentes utilizados como bons indicadores do estado vegetativo da bananeira. Estes ajudam a esclarecer os eventos ligados ao crescimento do sistema foliar, especialmente o fenômeno da emissão de folhas pelo pseudo-caule. Além disto, o diâmetro da planta também possibilita o estabelecimento de correlações estáveis⁸ com o rendimento potencial (Jannoyer, 1995), ou seja:

$$ND = f(\varnothing \text{ a } 10 \text{ cm})$$

Sendo:

ND = n° de frutos (dedos)

Ø = Diâmetro a 10 cm da base

Assim foi testado, de forma satisfatória, a correlação entre a altura e o diâmetro ($R^2=0,9$), possibilitando uma estimativa da produção de biomassa pela planta ao longo da fase de crescimento da planta. A figura 22, evidencia a proximidade dos dados destrutivos coletados em diferentes idades com a curva de regressão modelizada no experimento.

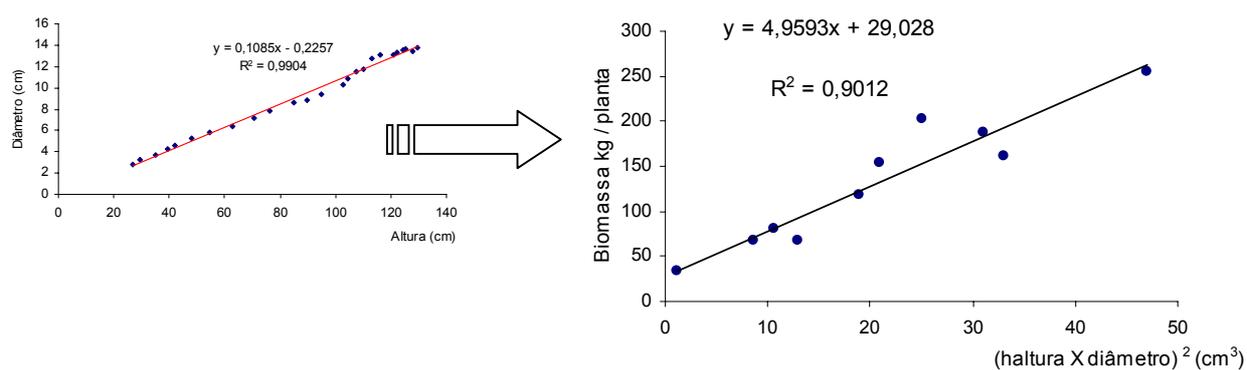


Figura 22: Relação altura x diâmetro do pseudo-caule da bananeira e a equação de estimativa da biomassa aérea.

⁸ Jannoyer (1995) constatou que o diâmetro a 100 cm ou a 10 cm da base apresentam resultados muito próximos estáveis, no caso das regiões tropicais.

5.4.1.2. Número de folhas e superfície foliar

A variação do número de folhas está diretamente relacionado com os fatores do meio, como: o clima (temperatura e radiação solar (Ganry, 1980)) e; a fertilidade dos solos, ligada a disponibilidade de nitrogênio para a planta (Porteres, 1950, citado por Ganry, 1980).

Em condições desfavoráveis, o estágio vegetativo da planta é prolongado e a arquitetura foliar é modificada devido uma deficiência de nitrogênio (Jannoyer, 1995).

A velocidade de emissão foliar varia segundo a SOMA DE TEMPERATURAS absorvida pela planta, que aumenta ao longo do ciclo. Na fase de crescimento inicial, a temperatura acumulada pela planta é muito variável devido a o estresse pós-plantio e a fase de retomada do crescimento. Esta variação situa-se numa faixa de 20° a 100°C/dia (Ganry, 1980).

Em outras palavras, o tempo de duração do ciclo da bananeira é medido pela soma de temperaturas. Este método implica numa relação linear entre a velocidade do desenvolvimento da planta e a temperatura ambiente. Essa relação é evidenciada pelo crescimento foliar da planta e sobre as temperaturas registradas em estação meteorológica (Ganry, 1980). E o cálculo da temperatura média diária poderá ser efetuado com a ajuda do modelo desenvolvido por Ganry (1980), através da seguinte fórmula:

$$T_{med} = 0,4 * T_{max} + 0,6 * T_{min}$$

Sendo:

T_{med} = Temperatura média °C (em estação experimental)

0,4 e 0,6= Coeficientes de correção

T_{min} = Temperatura Mínima °C (em estação experimental)

T_{max} = Temperatura Máxima °C (em estação experimental)

Em termos de absorção de temperatura, notou-se que durante o ciclo de estudo o crescimento e desenvolvimento das bananeiras das duas parcelas (BP e BA) apresentaram aparentemente um retardamento no ciclo. Este atraso pode ser visualizado em termos de idade climática do plantio pois em comparação com o referencial de desenvolvimento da cultivar grande naine, o período de floração inicia-se quando a planta chega a uma soma de temperatura entre 2.200 e 2.500 °C dia (Marchal & Jannoyer, 1993, p.39). Porém nas parcelas estudadas, a Soma de Temperatura já ultrapassava os 2.300 °C dia e não se tinha indicativos da saída da inflorescência. Este atraso se expressou da mesma forma entre as duas parcelas e já era esperado devido a ausência da prática tradicional da adubação química, exigida pelas características genéticas da muda utilizada – clones selecionados para desenvolverem-se nas condições ótimas em termos de oferta de elementos minerais e irrigação monitorada. E em relação as datas distintas de plantio da bananeira, o terceiro

tratamento (BA 60) não proporcionou uma diferença muito expressiva em termos da temperatura acumulada pelas plantas, como mostra a figura 23.

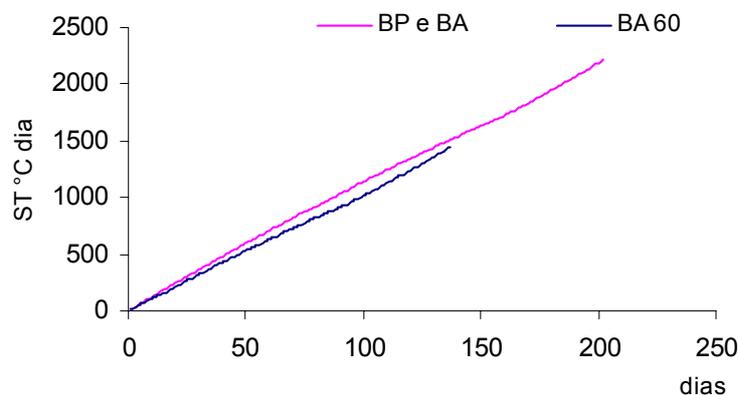


Figura 23: Comportamento da temperatura do ar durante o período de estudo.

Ainda sobre o número de folhas, estudos atuais de Rodriguez et al. (1999), confirmam a existência da correlação positiva entre este componente e o rendimento potencial da bananeira, tornando assim fundamental uma análise da evolução do sistema foliar desta espécie. Também concorda-se na possibilidade de utilizar levantamentos não destrutivos para estimar o índice de área foliar (IAF), sem precisar sacrificar a planta. Desta forma, optou-se pela utilização do modelo desenvolvido por Summerville e Champion, citados por Jannoyer (1995), que permite um acompanhamento não destrutivo da evolução do sistema foliar da bananeira.

$$SF = C * L * 0,83$$

Sendo:

SF = Superfície Foliar (em m^2)

C = Comprimento da folha

L = Largura da folha

A idéia de acompanhar a evolução na relação entre Comprimento e Largura das folhas ($C \times L$) foi de testa-la como indicador do desenvolvimento do povoamento vegetal. Estudando a segunda geração de bananeiras cv. Grande Naine (filhos ou rebentos), Jannoyer (1995) concluiu que esta relação funciona muito bem estando relacionada com as modificações mais importantes na fisiologia da planta. A relação Comprimento/Largura das folhas da bananeira fornecem um bom indicador do crescimento da planta pois através dela, é possível diferenciar 3 fases em que a planta passa durante o seu crescimento vegetativo:

1ª Fase: C/L com uma relação decrescente – trata-se de uma fase vegetativa controlada pela planta-mãe, ou seja, a muda depende diretamente da fisiologia do pé principal;

2ª Fase: **C/L** com uma relação constante – trata-se de uma fase vegetativa já independente da planta-mãe;

3ª Fase: **C/L** com uma relação crescente – marca uma fase vegetativa em transição, com a fase da floração.

Neste sentido, confirmou-se uma correlação altamente positiva entre o comprimento e largura das folhas (figuras 24 e 25 – dados de campo), validando o modelo desenvolvido por Summerville e Champion (citados por Jannoyer (1995)).

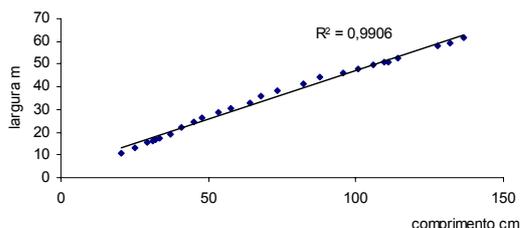


Figura 24: Comparação das curvas de evolução foliar da bananeira

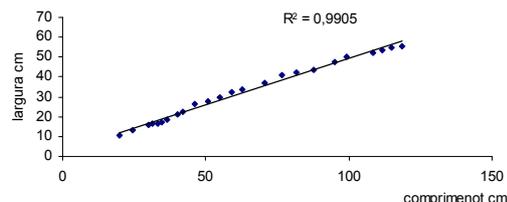


Figura 25: Curvas de análise da relação comprimento / largura das folhas da bananeira.

Porém, no tocante a evolução da relação comprimento x largura das folhas (figura 26), notou-se que o comportamento deste indicador não se assemelha ao de bananeiras de segundo ciclo, estudadas por Jannoyer (1995). Notou-se que devido a não existência da planta mãe (as mudas foram propagadas em laboratório), as plantas já chegam no campo em uma fase de constância nesta relação, mantendo-se assim até o terceiro mês. Após a planta somar 900°C dias (90 dias) a relação passar a ser crescente devido a aceleração na produção de fotoassimilados, mantendo uma certa estabilidade até o momento do estudo.

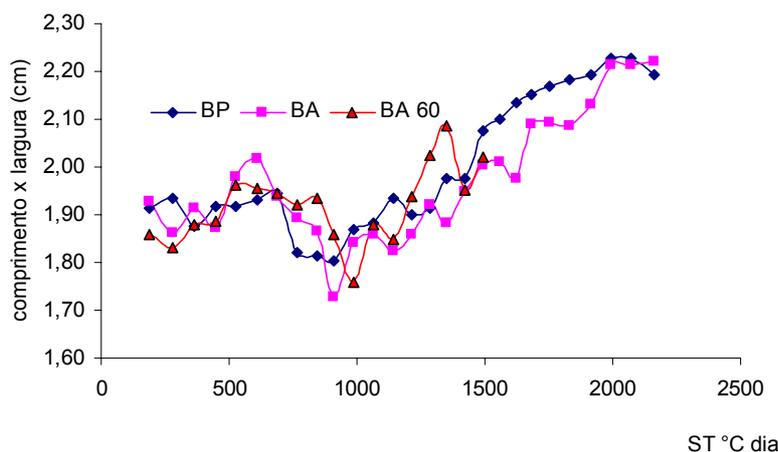


Figura 26: Relação comprimento / largura das folhas da bananeira, ao longo do ciclo vegetativo.

5.4.1.3. A radiação solar incidente

Considerou-se a radiação solar como preponderante para um ótimo funcionamento do aparelho fotossintético. Tanto que a definição do dispositivo experimental (figura 27) é

marcada pelo escalonamento do plantio da bananeira (terceiro tratamento) também para se avaliar os efeitos do sombreamento do feijão-de-porco sobre a jovem bananeira, assim como a competição para com os demais fatores e condições do meio cultivado.

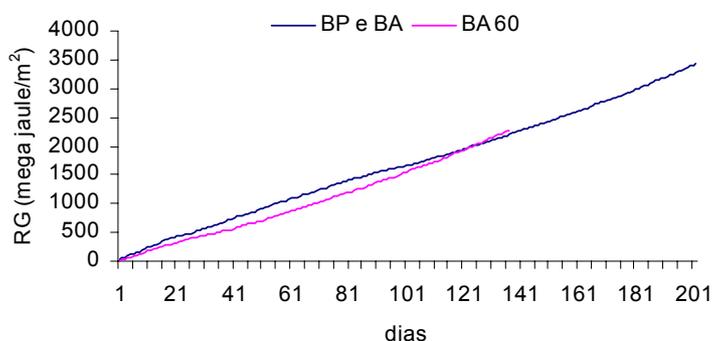


Figura 27: Radiação global acumulada durante o período do estudo

5.4.1.4. Produção de matéria seca

O acompanhamento da evolução da matéria seca também apoia a compreensão das mudanças de funcionamento da planta, em função dos fatores climáticos (luz e radiação solar) e nutricionais (nitrogênio e disponibilidade hídrica). É um indicador decisivo para se avaliar o teor de nitrogênio acumulado pela parte aérea da planta e sua contribuição no rendimento potencial.

5.4.1.5. Teor de nitrogênio

Segundo Jannoyer (1995) o número de dedos por mão (ND/M) é determinado pelo fluxo de assimilados de carbono e nitrogênio (N) disponíveis na planta. O número de mãos (NM) é expresso quando as flores de cada estágio são determinadas. A sexualização das flores finaliza quando se concretiza a vascularização do estágio florístico. Se a oferta de assimilados é superior a demanda do crescimento ovariano da flor, ela se diferencia como feminina (futuro fruto). Do contrário, se o tamanho do ovário é reduzido, a flor deve ser masculina. A absorção de N está condicionada pelo funcionamento fotossintético (teor de açúcares solúveis que condicionam a nutrição em nitrogênio).

Para avaliar o teor de nitrogênio acumulado pelo sistema foliar, optou-se por realizar uma análise foliar em três diferentes etapas do ciclo vegetativo da bananeira. O método utilizado foi o sugerido pelas Normas Internacionais (CIDA, 1988 e Martin – Prevél, citado por Alves, 1999), utilizando a terceira folha a contar do ápice. Fez-se a análise na fase muda; 60 dias após o plantio e; no momento da saída da inflorescência (período convencional).

5.4.2. As fontes de variação ligada ao sistema radicular da bananeira e ao solo cultivado

5.4.2.1. Evolução do sistema radicular

Estudos de Blin (1997) validam a existência da relação linear entre o número total de raízes e o número de folhas emitidas pela bananeira, pois a mesma apresenta um coeficiente de regressão alto ($R^2 = 0,71$). Assim, consideramos que a emissão de raízes é fortemente correlacionada com a superfície foliar total.

Um dos grandes entraves de acompanhar a evolução radicular é a necessidade de lançar mão de métodos destrutivos. Porém neste experimento também optou-se por testar um método não destrutivo de avaliação do crescimento das raízes, utilizando um Método Capacitivo de estimação da biomassa radicular. Este método consiste em um sistema digital de sensores que tem como indicadores as diferenças de potencial hídrico entre planta e solo. O mesmo já vem sendo testado em algumas situações de cultivo (Bajazet et al. (2001); Raphael, 2001) e demonstra um grande potencial de aplicabilidade para o diagnóstico radicular não destrutivo, em cultivos tropicais. Neste estudo, optou-se pelo cultivo de 20 plantas em vaso e acompanhamento sistemático com medidas semanais e destruição das mesmas para construção do modelo abaixo

Biomassa subterrânea = f (condutividade elétrica)

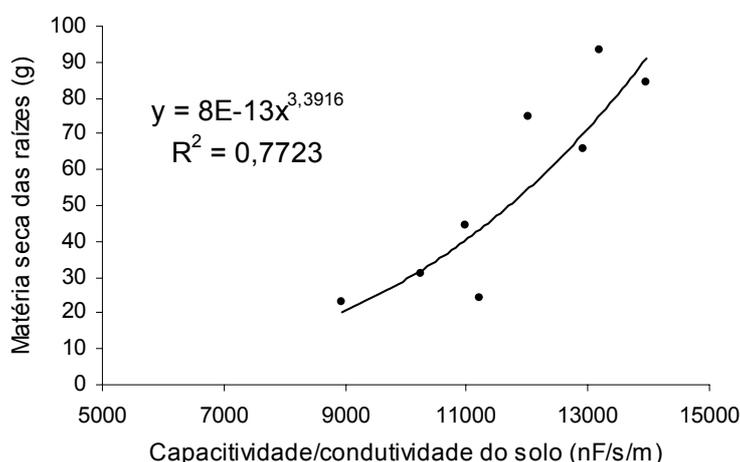


Figura 28: Modelização da biomassa radicular através de medidas em mudas plantadas em vaso

5.4.2.2. Colonização radicular do solo

A análise da colonização de raízes no solo, seja em um monocultivo ou em uma associação, é uma forma bastante elucidativa de avaliar o estado de desenvolvimento radicular e possíveis limitações no ciclo vegetativo das espécies em questão. A abertura de

um perfil agro-pedológico (perfil cultural, na língua francesa) possibilita uma leitura mais precisa dos acontecimentos precedentes à definição do rendimento da bananeira, caso tenha ocorrido algo no sistema radicular. Com ele podemos visualizar as interações entre planta e solo e tentar diagnosticar possíveis fatores limitantes ao rendimento final da planta. Um perfil agropedológico foi realizado após o sétimo mês, para efetivar a análise visual das condições de colonização do solo nas parcelas acompanhadas.

5.4.2.3. Produção de biomassa radicular

Da mesma forma que a produção de biomassa foliar, as raízes contribuem significativamente para a determinação das reservas da planta para a definição do rendimento potencial. E a avaliação de sua dinâmica de acumulação contribui para um diagnóstico mais preciso, pois permite o estabelecimento de correlações com o sistema foliar e suas reservas em matéria seca.

Assim, a forma de avaliar a biomassa de raízes ao longo do ciclo foi a estimação da mesma via método capacitivo, sendo o mesmo validado através da coleta e pesagem das raízes de plantas acompanhadas em vasos de 50 litros. A cada semana foi realizada a destruição, secagem e pesagem das plantas, objetivando uma comparação com a estimação feita com o método capacitivo. Em resumo, o propósito também foi de calibrar a ferramenta para o uso na medição da biomassa radicular da bananeira.

Na busca de alternativas para tal diagnóstico, a coleta sistemática de medidas capacitivas, chegou-se a uma curva com diferenças de capacidade condutividade elétrica das bananeiras implantadas em diferentes condições de crescimento e desenvolvimento. A figura 29 mostra uma tendência já observada na comparação com outros indicadores de crescimento da planta. Cabe lembrar que esta ferramenta de medição da biomassa subterrânea ainda está sendo validada e, portanto, não nos garante uma precisão e muito menos disponibiliza dados exatos da biomassa produzida pelas raízes da planta.

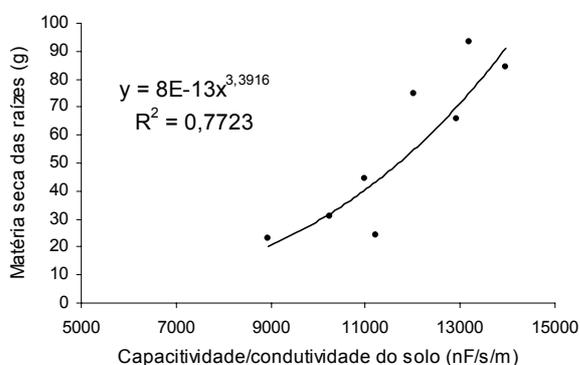


Figura 29: Comportamento da curva de produção de biomassa radicular via condutividade elétrica das raízes da bananeira.

Quadro 11: Dados coletados durante o ciclo vegetativo da bananeira, de forma não destrutiva nas parcelas comparadas

Variável	Tamanho da amostra	freqüência	Equipamento e utensílios
a) Na População de bananeiras:			
N° Folhas jovens, adultas e senescentes	10 plantas/parcela	semanal	-
Largura e Comprimentos das Folhas fotossintetizantes	10 plantas/parcela	semanal	Metro (2m)
Diâmetro do Pseudo-caule a 10 cm da base	10 plantas/parcela	semanal	Paquímetro digital Modelo DIGIROCH minimax inox
Altura do Pseudo-caule da bananeira	10 plantas/parcela	semanal	Metro (2m)
Biomassa radicular	03 plantas/parcela	semanal	Capacitor digital (Synthesized In-Circuit LCR/ESR Meter Model 885)
a) Na População de feijão-de-porco:			
Altura da cobertura foliar	10 plantas/parcela	semanal	Metro (2m)
Área de cobertura foliar (largura)	10 plantas/parcela	semanal	Metro (2m)
N° Folhas adultas e lançamentos florais	10 plantas/parcela	semanal	-
Biomassa radicular	03 plantas/parcela	semanal	Capacitor digital (Synthesized In-Circuit LCR/ESR Meter Model 885)

Quadro 12: Dados coletados bimensalmente nas parcelas comparadas

Variável	Tamanho amostra	Freqüência	Equipamento e utensílios
Superfície Foliar da bananeira	3 plantas/parcela	No Plantio, aos 60 e 150 dias do ciclo	Planímetro Modelo AREA METER Tipo LI-3100
MST acumulada na parte aérea (3 medições)	3 plantas/parcela	No Plantio, aos 60 e 150 dias do ciclo	- Balança digital de precisão decimal Modelo METTLER Tipo PM 4000
MST acumulada nas raízes (3 medições)	3 plantas/parcela	No Plantio, aos 60 e 150 dias do ciclo	- Estufa de ventilação forçada Modelo MPC Tipo S 2000
Análise de NPK na parte aérea	3 plantas/parcela	No Plantio, aos 60 e 150 dias do ciclo	Laboratório de análise química – INRA/URAPC Duclos
Evolução do Sist. Radicular	2 plantas/parcela	Na época de saída da inflorescência da bananeira	- Tela de nylon graduada a cada 10 cm ² - Câmera fotonumérica
Estimação e medição da biomassa radicular da bananeira	Plantio em vasos	De 10 em 10 dias	- Capacitor digital (Synthesized In-Circuit LCR/ESR Meter Model 885) - Coleta e pesagem das raízes.

Quadro 13: Outros parâmetros acompanhados no dispositivo de campo

Variável	Tamanho amostra	Frequência	Equipamento e utensílios
Teor de umidade do solo	2 amostras por tratamento	Nas diferentes situações de umidade do terreno	Trado, balança digital e estufa.
Perfil cultural	2 plantas de cada espécie	Na época da saída de inflorescência da bananeira	
Análise química e orgânica do solo	1 amostra composta por parcela	Na época da saída de inflorescência da bananeira	Laboratório de análise de solos– INRA/URAPC Duclos
Coleta de dados climático	T°C, Radiação, Velocidade vento e Pluviometria	Durante o período de coleta de dados	Estação Meteorológica da Unidade Experimental do INRA.
Coleta de dados micro-climático	T°C, Radiação incidente	Após o estabelecimento da associação	Mini-estação Meteorológica instalada nas parcelas

5.4.3. A análise da elaboração do rendimento das parcelas acompanhadas

A análise inicial da elaboração do rendimento da bananeira foi realizada pelo desmembramento de alguns de seus indicadores vegetativos, e comparando-os nas três situações de desenvolvimento acompanhadas. Primeiramente procurou-se evidenciar as situações claras de limitações durante o ciclo vegetativo que possam apontar diferenças no rendimento final da bananeira. Em seguida estabeleceu-se relações entre as populações vegetais e as condições de crescimento e desenvolvimento da mesma (clima, solo e os estados de competição pelos fatores de crescimento).

A determinação do Rendimento potencial pode ser feita através do cálculo abaixo:

$$\text{Rdto Potencial de MST(Ton/ha)} = \frac{\text{Nptas}}{\text{ha}} * \text{MST/pta}$$

Onde:

Nptas: N° de plantas

MST: Quantidade de matéria seca produzida

$$\frac{\text{Nptas}}{\text{ha}} = * \text{Nmudas/ha} * \% \text{ mudas perdidas}$$

Desta forma, podemos determinar futuramente o rendimento final esperado para cada parcela comparada, se não ocorrer nenhuma limitação ao longo da fase de enchimento dos frutos.

$$\text{Rdto Final (Ton/ha)} = \{(\text{Rdto Pot} * \text{ND cheios}) / \text{Rdto Pot}\} / \text{Peso } \bar{m} \text{ 1 D}$$

Onde:

Rdto Pot: Rendimento Potencial da bananeira em frutos por hectare

ND cheios: N° de frutos normais contidos nas palmas, ao final do ciclo

Peso \bar{m} 1 D: Peso médio do fruto em Kg (este componente não foi obtido na época deste estudo).

Para a comparação estatística de médias, utilizou-se o Teste "T" (Student), cuja fórmula é a seguinte:

$$t = (m_A - m_B) \div RQ [(s^2/n_A) + (s^2/n_B)]$$

onde:

t = T calculado

m_A = média do tratamento A

m_B = média do Tratamento B

RQ = Raiz Quadrada

N_A = n° de repetições do tratamento A

N_B = n° de repetições do tratamento B

S^2 = Variância = $[\sum (x - m_A)^2 + \sum (x - m_B)^2] \div [n_A + n_B - 2]$

Sendo:

Se: T calc < T tabelado :. Não existe diferença significativa entre as médias comparadas ou;

Se: T calc > T tabelado :. Existe diferença significativa entre as médias comparadas.

5.4.4. A validação do modelo STICS e a construção de cenários sobre o rendimento final da bananeira

Após a realização do diagnóstico agrônomo do funcionamento do povoamento vegetal estabelecido nas parcelas estudadas, fez-se necessário analisar as perspectivas do rendimento final das mesmas. Para tanto, a modelização dos sistemas de cultivo foi utilizada como alternativa do ponto vista científico.

Esta etapa da análise foi subdividida em duas etapas fundamentais: a) a validação do Modelo STICS e; b) a construção de cenários futuros em termos de rendimento em matéria seca e produção de frutos.

Este modelo possibilitou a simulação do cultivo das parcelas em condições ideais, ou seja, com a oferta ideal de água e nitrogênio para as plantas. Isto para termos uma noção do comportamento da associação com o feijão-de-porco, possibilitando várias comparações com o rendimento do monocultivo da bananeira.

Do ponto de vista prático, procurou-se testar o uso desta ferramenta de acordo com as condições reais do experimento, como também em condições ótimas de crescimento e desenvolvimento da bananeira.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estruturar melhor a análise dos resultados, optou-se por dividir este capítulo em duas grandes partes:

A primeira trata da descrição do meio e do diagnóstico agrônomo das parcelas e a análise da fase vegetativa considerando os fatores e condições do meio cultivado. Esta parte ainda está subdividida em dois momentos de análises: a) a comparação entre o monocultivo e o cultivo associado e b) a comparação entre as parcelas associadas.

Na segunda etapa, trata da validação e aplicação do Modelo STICS na construção de novos sistemas de cultivos. A manipulação do modelo visa avaliar as possibilidades de uso desta ferramenta lógica na simulação de cenários de cultivos agrícolas, como apoio na tomada de decisões técnicas.

6.1. Primeira etapa da análise: comparação entre o monocultivo e a associação simultânea da bananeira com feijão-de-porco

6.1.1. Indicadores da planta: a formação de seus captosres e reservas

6.1.1.1. A produção de matéria seca

O monocultivo (parcela BP) não diferenciou estatisticamente da primeira associação da bananeira com o feijão-de-porco (parcela BA), apresentando capacidades de produção de reservas muito próximas. Estas afirmações são demonstradas no quadro 14, onde a grande atenção tem que ser dada em relação ao alto coeficiente de variação da parcela do monocultivo (BP).

Quadro 14 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, em dois momentos da fase vegetativa

Idade pós plantio		MST (ton/ha) após 7 meses do plantio						Tamanho da amostra	
		Folhas	CV	Pseudo-caule	CV	Bulbo	CV		Total
2 meses	BP	0,18 a	41	0,11 a	37	0,15 a	38	0,44 a	03
	BA	0,18 a	11	0,11 a	11	0,16 a	9,0	0,45 a	03
7 meses	BP	1,10 a*	6,3	1,10 a	11,7	2,50 a	21,4	4,80 a	03
	BA	1,30 a	27	0,90 a	5,9	2,00 a	1,5	4,20 a	03

Fonte: levantamentos destrutivos nas parcelas.

*Valores seguidos de letras iguais, não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

Podemos observar também uma grande proximidade dos principais indicadores de crescimento e desenvolvimento vegetativo (quadro 15), mostrando principalmente que o volume do charuto foliar não variou nos dois casos analisados.

Quadro 15 - Comparação dos componentes intermediários do crescimento aéreo que afetam o rendimento da bananeira – após 7 meses do plantio

	Superfície foliar (m ²)	CV	IAF	CV	Altura (cm)	CV	Diâmetro a 10 cm (cm)	CV	Volume da planta (cm ³)	Tamanho da amostra
BP	7,9 a	10	1,5	10	136,2 a	9,27	14,5 a	5,69	28.636 a	10
BA	6,1 a	6	1,1	6	135,8 a	8,27	14,2 a	5,11	27.383 a	10

Fonte: levantamento de dados não destrutivos nas parcelas

*Valores seguidos de letras iguais, não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

6.1.1.2. O ritmo de aparição e senescência foliar

Observou-se neste experimento que o sistema foliar da bananeira passou por três fases no seu desenvolvimento fisiológico. A primeira prolongou-se até a planta acumular

cerca de 900°C dia (70 a 80 dias de idade) e caracterizou-se por crescimento lento devido a planta ainda encontrar-se na fase de estresse pós-plantio. Na segunda fase, o sistema foliar entrou em um processo de aceleração da emissão foliar, chegando a emitir até 2 folhas por semana, até a planta somar 1.500°C dia (140 dias). Uma terceira e última fase iniciou a partir dos 1.500°C dia, onde a planta passa a ter um funcionamento menos acelerado, caracterizado pela emissão de uma folha a cada semana, seguida da perda de uma folha semanal (senescência).

A curva de senescência foliar também manteve-se normal, descartando uma possível situação de forte estresse nas parcelas BP e BA.

Na figura 30 podemos observar a semelhança entre a evolução da bananeira em duas condições agroecológicas distintas.

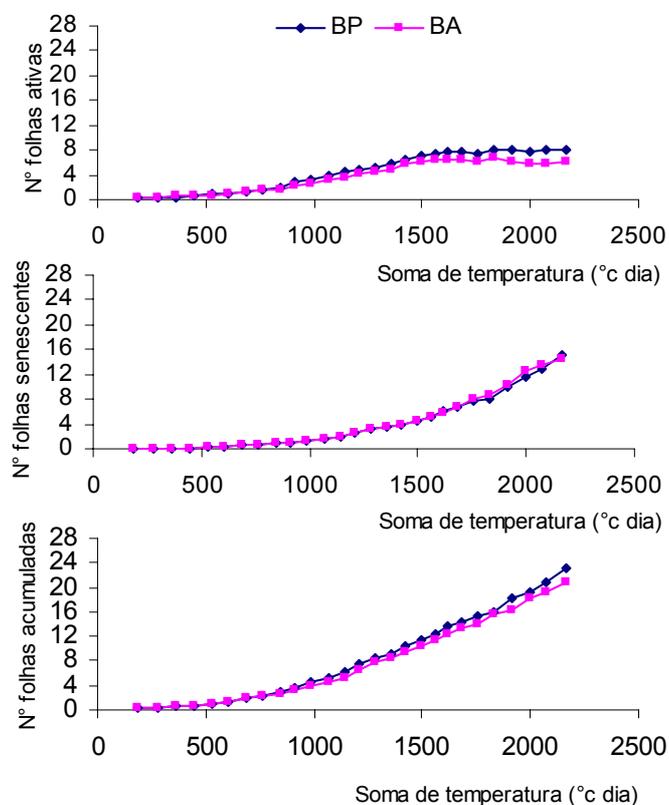


Figura 30: Evolução do ritmo foliar da bananeira.

Confrontando as três curvas da evolução foliar de cada tratamento (figura 30), podemos confirmar a proximidade do comportamento fisiológico das duas parcelas, mostrando que a associação não acarretou mudanças marcantes no crescimento e desenvolvimento da espécie principal.

Também podemos observar que aos 1.800 - 1.900°C dia acumulados (195 dias), a planta parece passar por uma fase de forte mudança no metabolismo, sugerindo uma grande susceptibilidade a estresse ambiental (déficit de fatores edafoclimáticos). E nestas

condições, podemos indicar este período como crítico para o ciclo da bananeira, sendo este mais limitante que aos 60 dias citados anteriormente (figura 08).

6.1.1.3. O aumento do volume do pseudo-caule e a estimação da biomassa aérea

No caso da bananeira, existe uma forte relação entre a produção de folhas e o volume do pseudo-caule da planta. Isto ocorre pelo simples fato de que o falso tronco (ou charuto foliar) pilota a capacidade de produção e emissão foliar da espécie.

As figuras 31 e 32 indicaram um ritmo de crescimento muito próximo do charuto entre BP e BA, destacando-se uma tendência de estabilidade do aumento do volume após os 1900 °c dia (190 dias). E seguindo a evolução do volume da planta, validou-se um modelo de estimação da biomassa da bananeira ao longo do ciclo vegetativo (figura 33).

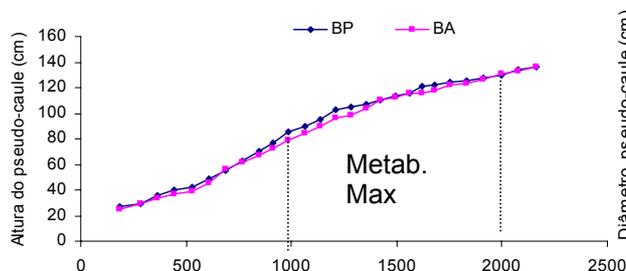


Figura 31: Evolução da altura da bananeira.

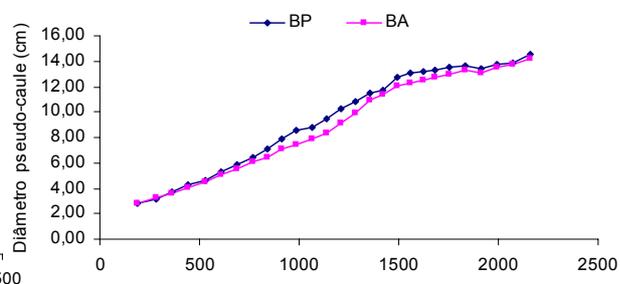


Figura 32: Evolução do diâmetro da bananeira.

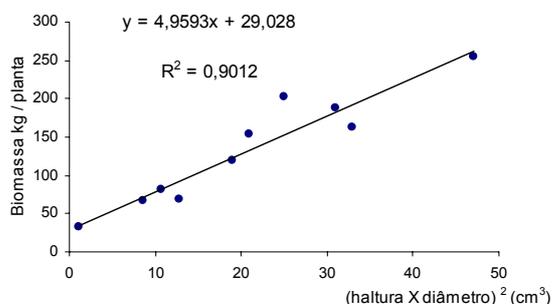


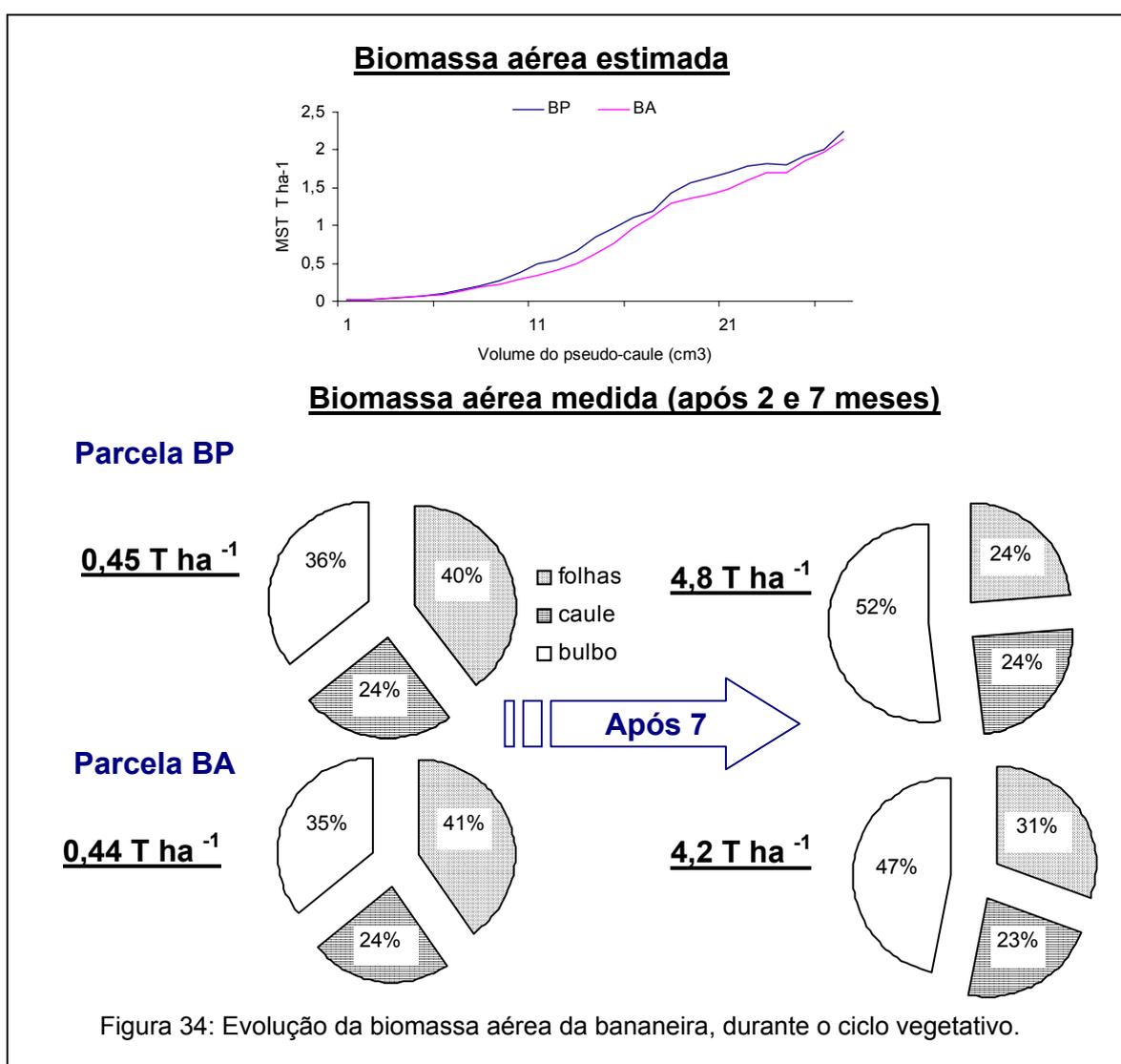
Figura 33: Relação biomassa aérea medida e o volume do pseudo-caule da bananeira.

Com a curva estimada da produção de biomassa (figura 34) confirmou-se novamente a ação não limitante da associação BA em termos da produção de matéria seca pela bananeira, além de apontar uma forma alternativa e bastante prática de avaliar a produção da bananeira no campo, através de acompanhamentos sem destruição de plantas nas parcelas cultivadas.

Quando observada a quantidade de reservas por órgão vegetativo da planta, notou-se uma distribuição muito semelhante tanto no monocultivo quanto na associação, provando

novamente que o funcionamento fisiológico da bananeira associada não sofre alteração devido a presença do feijão-de-porco.

Durante os primeiros meses, as folhas concentram o maior percentual de biomassa, confirmando a importância de uma produção eficiente de superfície foliar para a manutenção das reservas fotossintéticas. Já no sétimo mês, quando a planta estabilizou seu desenvolvimento foliar, as folhas passam a participar de forma menos representativa na acumulação de reservas, ficando o bulbo (e raízes superficiais) com este papel. O menor percentual de biomassa do pseudo-caule também pode ser traduzido pela fase de menor emissão de folhas pela planta, devido a planta já estar alcançando uma superfície fotossintética estável (lançamento de uma folha por semana).



6.1.1.4. A estimaco da biomassa subterrnea da bananeira

A figura 35 ilustra bem os resultados em termos de evoluo do sistema radicular da bananeira nas duas primeiras parcelas. Esta curva, quando comparada com a curva da biomassa area, demonstra uma grande proximidade, pelo menos em termos do ritmo de

crescimento ao longo do período acompanhado. Cabe ressaltar que o método aqui utilizado carece ainda de uma validação para uma maior confiabilidade de seus resultados.

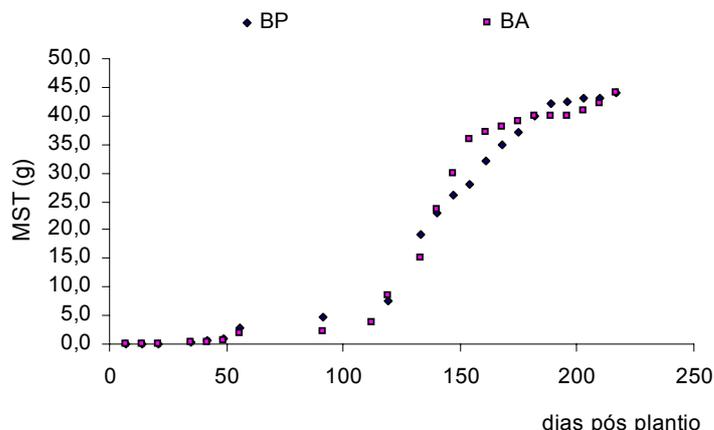


Figura 35: Evolução estimada da biomassa subterrânea da bananeira, durante o ciclo vegetativo.

6.1.2. Os fatores e condições climáticas relacionados com os componentes de rendimento da bananeira

Apesar de não terem sido constatadas diferenças significativas entre os tratamentos BP e BA, foi realizada abaixo uma análise de caráter explicativo das inter-relações entre as populações vegetais estabelecidas e as características do meio cultivado. Este procedimento auxiliou um melhor entendimento da influência edafo-climática e das práticas sobre o comportamento do cultivo, possibilitando a visualização dos fatores que mais afetaram o rendimento em biomassa da bananeira.

6.1.2.1. A simulação do balanço hídrico das parcelas

Comparando as duas parcelas, podemos considerar que, até o quarto mês do ciclo, não ocorreu uma situação de forte déficit hídrico (figura 36).

Observou-se ainda que no quarto mês ocorre uma baixa na ETP e ETR na simulação BA. Talvez uma das explicações seja devido alguns efeitos positivos da intensa cobertura do solo, evitando assim uma evaporação elevada desta parcela.

Mesmo na ausência dos dados climáticos de todo o ciclo, nota-se que na segunda metade do mês de janeiro tem início um período seco, podendo ter afetado a oferta hídrica nas duas parcelas, reduzindo assim o potencial da produção de biomassa da bananeira.

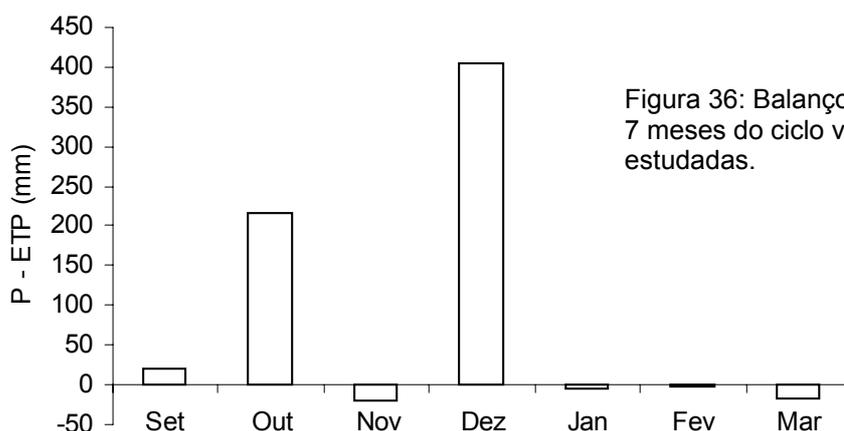


Figura 36: Balanço hídrico durante os primeiros 7 meses do ciclo vegetativo das parcelas estudadas.

6.1.1.2.2. A radiação e a temperatura do ar

As condições de temperatura (figura 23) e radiação (figura 27) incidida na vegetação foram consideradas normais, mantendo temperaturas médias ótimas para o crescimento e desenvolvimento da bananeira. Mesmo na fase mais jovem das plantas (com soma de temperaturas entre 600 a 800°C dia), as temperaturas médias mativeram-se em patamares ideais para o crescimento e desenvolvimento normal das mudas.

Assim, mesmo considerando que as duas parcelas aqui comparadas não apresentam diferenças em termos de crescimento, este atraso no ciclo deve ter afetado o potencial genético de emissão foliar e, conseqüentemente, a produção de reservas pelas plantas.

Em resumo, tudo indica que estes fatores atmosféricos não se traduziram em limitações para um bom funcionamento do aparelho fotossintético da bananeira, pura ou associada.

6.1.1.3. Os fatores e condições edáficas

6.1.1.3.1. A densidade do sistema radicular

Com a abertura de perfis agro-pedológicos, as parcelas BP e BA revelaram duas situações bem diferentes em termos de impactos no solo (figura 37).

Na parcela com o monocultivo da bananeira (BP), observa-se uma colonização de raízes pouco densa, concentrando-se nos primeiros 35 cm e aprofundando até 50 cm de profundidade. Nesta situação, podemos supor que mesmo a bananeira sendo uma espécie que possui um sistema radicular bem superficial, em situação de baixa competição radicular, suas raízes parecem estar em uma situação mais favorável para aprofundar até 90 cm de profundidade. Porém considerarmos que em solos sem adubação, o desenvolvimento do sistema radicular está diretamente ligado a oferta hídrica e mineral do solo, podemos considerar que o aprofundamento das raízes no monocultivo mostra uma certa necessidade da planta em mobilizar estes fatores nas camadas mais profundas do solo, devido a relativa escassez nutricional das camadas superficiais do solo.

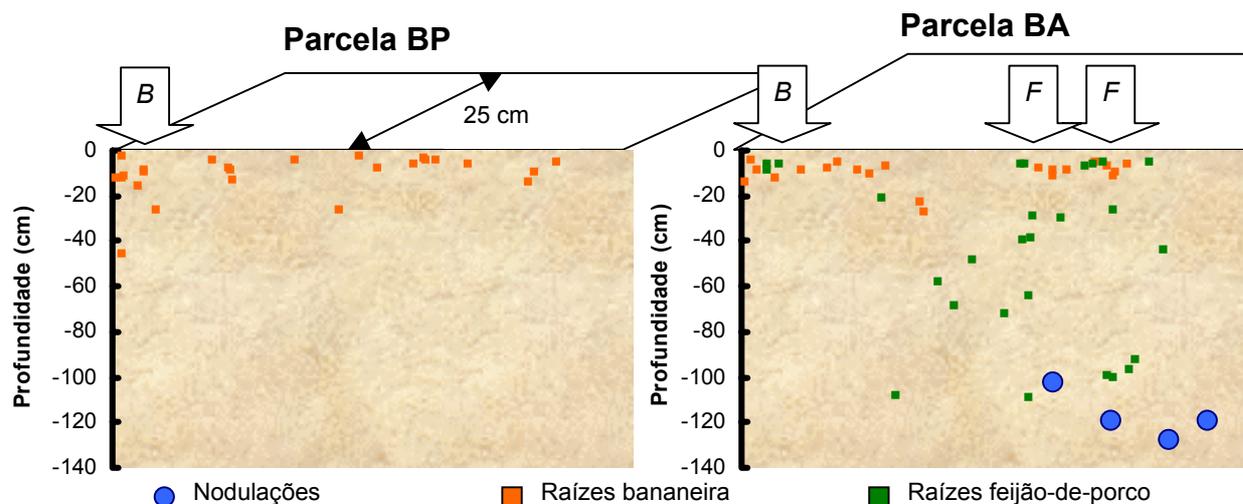


Figura 37: Perfil agropedológico das parcelas BP e BA, após 7 meses do plantio.

Por outro lado, um sistema radicular mais profundo parece não ser um indicador suficiente para determinar um rendimento maior da bananeira pois a produção de biomassa da BP não superou a parcela BA, que apresentou um enraizamento mais superficial, em relação ao monocultivo.

As raízes da bananeira concentram-se nos 20 primeiros cm do solo, estando o solo sobre o predomínio do sistema radicular do feijão-de-porco. A atividade biológica do solo da parcela associada é bem superior que a do monocultivo pois observa-se a presença de nodulações radiculares até 1,2 m de profundidade e uma presença de reciclagem via degradação de raízes nódulos presentes na leguminosa.

Devido ao processo de simbiose e seu sistema radicular pivotante, o feijão-de-porco possibilita uma maior mobilização de elementos minerais presentes nas camadas mais profundas do solo, propiciando uma disponibilidade maior destes elementos, a curto e médio prazo, para a bananeira. Isto explicaria o porque do sistema radicular mais superficial da bananeira associada e uma igual resposta em produção de biomassa.

No entanto, não se pode esquecer o fato de se tratar de um solo com constante preparo mecanizado. A mecanização promove um ambiente difuso na transição dos horizontes e isto de certa forma facilita a penetração das raízes da bananeira, pois reduzem os impedimentos físicos na transição dos horizontes e as mudanças de horizontes são desfavoráveis ao desenvolvimento em profundidade das raízes da bananeira (Godefroy, 1969).

Porém a consequência negativa mais forte da mecanização é a redução progressiva dos micro e macroporos do solo, causando grandes obstáculos físicos para o desenvolvimento das raízes da planta, além de reduzir a circulação de oxigênio e solução do solo (Dorel, 1991).

Portanto, no sistema de cultivo associado, estes impactos no solo parecem ser minimizados devido as características do sistema radicular da leguminosa em aprofundar suas raízes e favorecer uma forte atividade biológica, melhorando as características físicas, químicas das camadas colonizadas.

6.1.1.3.2. Perfil hídrico do solo cultivado

Através de uma comparação da disponibilidade hídrica do solo (pluviometria x teor de água no solo) durante a evolução dos diferentes sistemas de cultivo, não foi constatada uma situação de déficit hídrico.

Comparando as reservas hídricas do solo, nas diferentes situações de pluviometria, observa-se que em períodos de menor precipitação, a parcela associada apresenta uma maior demanda hídrica nas camadas mais superficiais (até 35 cm de profundidade). Assim, podemos levantar algumas suposições referentes a este aumento de demanda, relacionando-as com o estado de competição estabelecido entre a bananeira e o feijão-deporco. E esta competição é traduzida também por uma maior colonização de raízes no solo. Por outro lado, supomos existir uma maior taxa de evaporação de água nas camadas superficiais do solo no monocultivo, devido o pouco sombreamento da jovem bananeira, em comparação a banana associada.

Contudo em termos gerais, observar-se uma menor demanda hídrica da banana pura (BP) nas épocas menos chuvosas (figura 38).

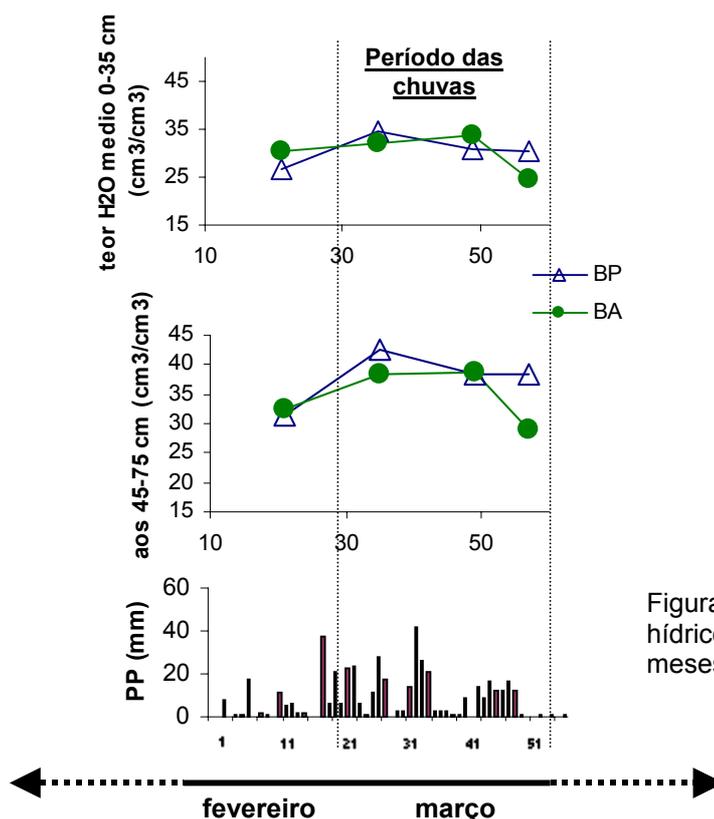


Figura 38: Evolução do estoque hídrico do solo e a pluviometria dos meses mais críticos do ciclo.

6.1.1.4. Análise nutricional da bananeira

Embora a melhor época para realizar a análise nutricional foliar da bananeira seja durante a fase de floração, podemos estabelecer algumas comparações entre as parcelas BP e BA.

Em relação as análises iniciais, as parcelas encontravam-se em um estado nutricional muito próximo, não caracterizando ainda uma forte carência nutricional (quadro 16).

A jovem bananeira (até 800°C dia) atravessa um estado nutricional muito instável, devido ainda está em uma fase de saída do estresse pós-plantio e definição do seu aparelho fotossintético. Desta forma, fica difícil afirmar situações de carência nutricional antes da fase de saída da inflorescência da bananeira.

Após o sétimo mês, o indicador nutricional da planta não forneceu diferenças quando comparadas as duas parcelas associadas. Mesmo sabendo-se que o número da amostra (3 plantas) é baixo, considerou-se que o nível nutricional entre as duas parcelas não alterou muito em termos qualitativos, ficando esta diferença mais ligada ao número superior de folhas produzidas pela associação (quadro 16).

Em comparação com o padrão nutricional, podemos notar que os valores do nitrogênio ficaram bem abaixo, apontando uma certa deficiência da bananeira, podendo explicar uma baixa das reservas para a fase reprodutiva. Esta deficiência foi visualizada devido a coloração rosada do pecíolo das bananeiras, em todas as parcelas estudadas, sem alteração na hélice foliar.

No caso do potássio, podemos relacionar com uma forte demanda deste elemento por parte do feijão-de-porco, na formação e enchimento das vagens. E esta deficiência poderá causar uma redução do número de flores femininas.

Já o fósforo manteve-se índices relativamente altos, provavelmente devido aos seus antecedentes de preparação e adubação do solo.

Porém, optamos por realizar um acompanhamento nutricional da planta desde seu estado de muda até a fase de reprodução, para observar como evolui seu estado nutricional nas diferentes parcelas comparadas.

Quadro 16: Resultados da análise foliar da bananeira aos 60 e 210 dias após plantio

Período	Parcela	Elementos					
		N		P		K	
		(%)	CV	(%)	CV	(%)	CV
Padrão Nutricional*		3,08 a 3,72		0,143 a 0,162		4,65 a 3,51	
Estado de muda		3,970	4,9	0,425	8,4	4,100	11,6
Após 2 meses do plantio	BP	3,373	11,7	0,310	3,2	3,400	9,5
	BA	2,920	6,6	0,593	7,0	3,430	3,0
Após 7 meses do plantio	BP	2,397	7,5	0,454	22,3	2,373	8,1
	BA	2,413	5,5	0,444	18	2,371	3,7

* Referencial para a época da floração da bananeira, segundo Lacoeylhe & Godefroy (1971).

6.1.1.5. Os efeitos dos tratamentos no itinerário técnico realizado

Em termos das intervenções técnicas realizadas durante a condução do experimento, podemos apontar a prática de controle de invasoras como o diferencial entre as duas parcelas. No caso do momocultivo, a ausência de cobertura permanente do solo acarretou uma maior necessidade de controle de adventícias, estendendo a atividade de capina ao longo dos 7 meses iniciais do ciclo. Já na associação observa-se que após o estabelecimento do feijão-de-porco, não se fez necessário a realização de capinas dentro da parcela BA (rever gráfico 21).

Isto mostra que o plantio associado também possibilita uma redução desta atividade que é considerada como uma das grandes limitações na agricultura familiar nas regiões tropicais, ou seja, o controle das adventícias.

6.1.2. Síntese da análise comparativa entre as parcelas BP e BA

Retomando a questão central levantada por este estudo, pode-se afirmar que:

A associação entre a bananeira e o feijão-de-porco, com mesma data de plantio, não causou limitações no rendimento potencial da primeira espécie pois sua produção de biomassa não diferiu estatisticamente do monocultivo.

Assim confirmamos também que a definição das datas de plantio da associação tem um papel fundamental na viabilidade deste tipo de consórcio. No caso do plantio simultâneo das duas espécies, a competição foi dominada pela bananeira. E desta forma, durante a fase de estabelecimento do feijão-de-porco, o nível de competição com a bananeira não mostrou-se limitante para a produção de biomassa da bananeira.

Podemos também supor que, a médio e longo prazo, o processo de decomposição dos órgãos vegetativos da leguminosa contribuirá para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo na parcela associada, devido principalmente a sua alta taxa de simbiose na fixação de nitrogênio atmosférico (alta atividade biológica do solo).

Considerando a situação em que foi conduzido o experimento, podemos destacar algumas das características mais marcantes nas parcelas BP e BA, tais como:

- o monocultivo apresentou um rendimento potencial muito próximo da parcela com a associação com o feijão-de-porco, mesmo considerando que um estado de competição interna do consórcio foi estabelecido;

- um provável déficit hídrico no quarto mês pode ter causado uma redução na produção de biomassa nas duas parcelas.

- a associação possibilitou uma redução do número de capinas (controle de adventícias), em torno de 50%, em comparação com o monocultivo. Este resultado pode ser relacionado com a eficiência desta leguminosa na cobertura verde do solo cultivado, contribuindo também em um menor impacto das chuvas e radiação solar na estrutura do solo;

- embora a leguminosa estabeleça uma competição com a bananeira, esta não é tão intensa em relação a oferta de nitrogênio pois o feijão-de-porco possui alta eficiência de fixação do nitrogênio atmosférico (cerca de 95% do total consumido).

6.1.2. Segunda etapa da análise: comparação entre as parcelas associadas

6.1.2.1. Indicadores da planta

6.1.2.1.1. A produção de matéria seca

Tomando como referência os resultados alcançados na parcela BA, a segunda associação (parcela BA 60) apresentou uma forte limitação na produção de fotoassimilados pela bananeira. Estas limitações parecem estar relacionadas principalmente a um estado de competição estabelecido pela leguminosa associada (quadro 17).

Quadro 17 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, após 7 meses do plantio

	MST (ton/ha) após 7 meses do plantio						
	Folhas	CV	Pseudo-caule	CV	Raízes	CV	Total
BA	1,3 a	27	0,9 a	6	2,0 a	1,5	4,2 a
BA 60	0,96 b	14	0,88 b	18	0,91 b	30	2,76 b

*Valores seguidos de letras iguais, não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

Por outro lado, o escalonamento de 2 meses do plantio da bananeira na segunda associação, nos demandou a uma análise cuidadosa em torno dos fatores e condições do meio cultivado, pois fez-se necessário a confirmação se esta redução na produção de biomassa da parcela BA 60 não esteve relacionada diretamente a uma possível diferença das condições climáticas impostas a segunda associação, ao longo do ciclo vegetativo.

Após o estresse pós-plantio e durante o estabelecimento inicial da bananeira, já prevalecia uma forte redução na produção de biomassa na segunda associação (quadro 18). Observou-se um lento crescimento vegetativo da bananeira e, por outro lado, um recobrimento de toda a parcela pelo feijão-de-porco desde o momento de introdução da bananeira. Provavelmente o estado de metabolismo máximo da leguminosa (datando 60 dias do seu ciclo) dificultou o estabelecimento da bananeira, reduzindo assim seu potencial de crescimento e absorção de fatores de crescimento, principalmente a radiação solar, a água e os nutrientes disponíveis no solo.

Assim podemos afirmar que a limitação observada no sétimo mês do ciclo vegetativo, foi estabelecida bem antes, ou seja, no início da implantação da parcela BA 60. E esta situação de forte competição afetou principalmente o crescimento e desenvolvimento vegetativo da bananeira, causando uma redução da superfície fotossintetizante e, conseqüentemente, uma baixa reserva de fotoassimilados.

Quadro 18 - Comparação de indicadores ligados ao rendimento da bananeira, durante os 2 primeiros meses da fase vegetativa

	MST (ton/ha) após 2 meses do plantio						
	Folhas	CV	Pseudo-caule	CV	bulbo	CV	Total
BA	0,18 a	11,0	0,11 a	11,0	0,16 a	9,0	0,45 a
BA 60	0,07 b	10,0	0,04 b	16,0	0,04 b	38,0	0,15 b

*Valores seguidos de letras iguais, não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

6.1.2.1.2. O ritmo de aparição e senescência foliar

Observou-se um retardamento significativo no ritmo de emissão foliar na associação BA 60, quando comparada a primeira (figuras 39). Esta limitação no aparelho fotossintético da segunda associação acarretou uma situação desfavorável para a produção de biomassa verde da bananeira, o que não ocorreu na parcela BA.

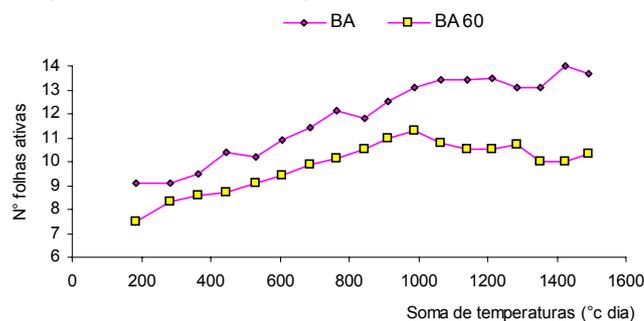


Figura 39: Evolução do ritmo de aparição das folhas ativas.

Sobre as perdas naturais das folhas via o fenômeno da senescência (figuras 41), a segunda associação também revelou uma modificação na sua evolução, expressando uma situação de estresse fisiológico que, em certos momentos, a curva de senescência acumulada superou a curva de emissão de folhas fotossinteticamente ativas.

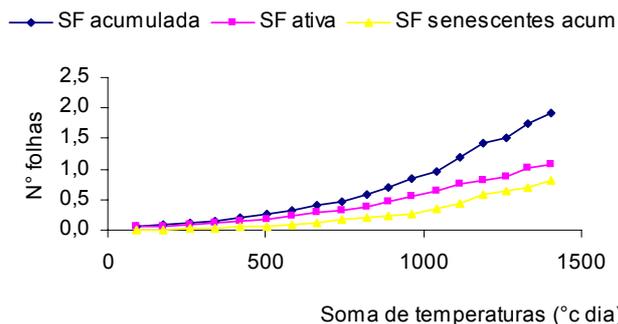


Figura 40: Comparação das curvas de evolução foliar da bananeira (parcela BA).

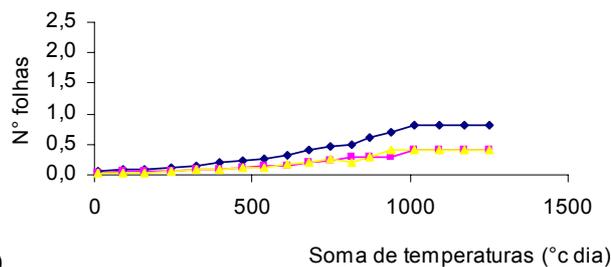


Figura 41: Comparação das curvas de evolução foliar da bananeira (parcela BA 60).

Apesar da diferença do ritmo de lançamento de folhas entre as associações, a relação comprimento x largura das folhas da bananeira não explicitou uma dinâmica diferenciada em termos de evolução deste indicador (figura 42). Isto nos sugere que as limitações da segunda associação não são explicadas pela fisiologia interna da bananeira pois estas características parecem estar ligadas mais ao caráter genótipo da cultivar, não sofrendo alterações na evolução de sua superfície foliar, como afirma Jannoyer (1995).

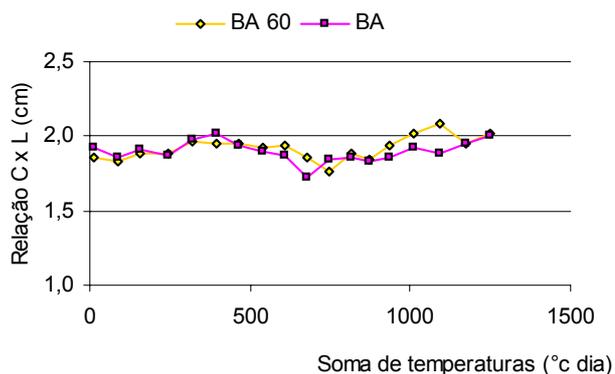


Figura 42: Relação comprimento / largura das folhas da bananeira, ao longo do ciclo vegetativo.

6.1.2.1.3. O volume do pseudo-caule e a biomassa aérea

O momento da introdução da bananeira foi decisiva para causar as diferenças entre a produção de biomassa nas parcelas associadas.

No momento do plantio da parcela BA, a muda de bananeira estava com 29 cm de altura, mas não encontrou nenhuma competição por espaço e pela interceptação da energia luminosa pois o feijão-de-porco foi plantado ao mesmo tempo, via semente (figura 44).

Já na segunda associação, as mudas de bananeiras (também com 29 cm de altura) encontraram a leguminosa já estabelecida na parcela e cobrindo toda parcela em um estrato médio de 74 cm de altura (figura 45). As conseqüências desta competição inicial foram sentidas pela redução do diâmetro do pseudo-caule da bananeira (figura 43), provocando um menor volume de folhas na parcela BA 60, conforme mostra a figura 46). E em relação a

altura (figura 45), a segunda associação apresentou resultados sem diferença significativa, devido um processo de estiolamento das plantas, em detrimento de uma competição inicial de luz.

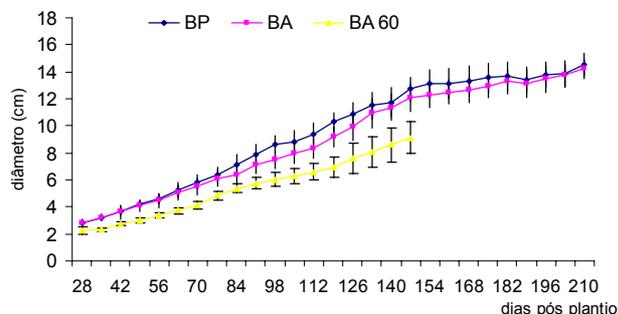


Figura 43: Evolução do diâmetro do pseudo-caule da bananeira a 10 cm do solo.

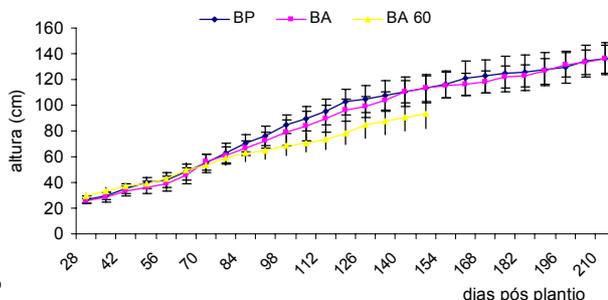


Figura 44: Evolução do crescimento em altura do pseudo-caule da bananeira.

Comparando os mesmo indicadores de crescimento da bananeira (altura e diâmetro) com as temperaturas acumuladas pelas plantas, podemos confirmar um crescimento mais lento da parcela BA 60, devido a forte competição com a leguminosa no início do ciclo vegetativo.

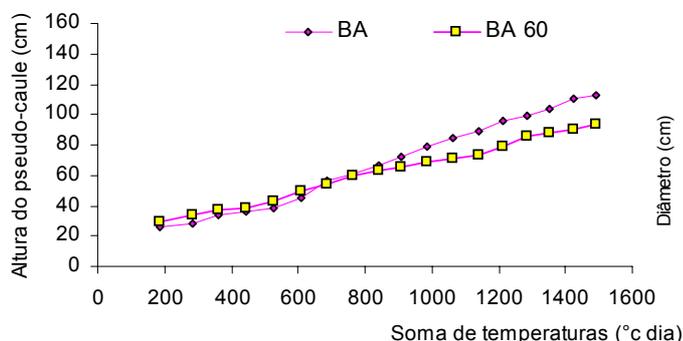


Figura 45: Evolução da altura da bananeira nas parcelas BA e BA 60.

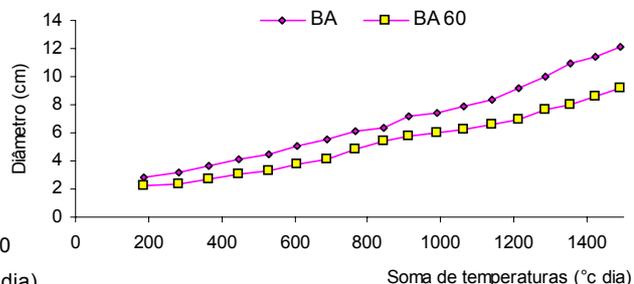
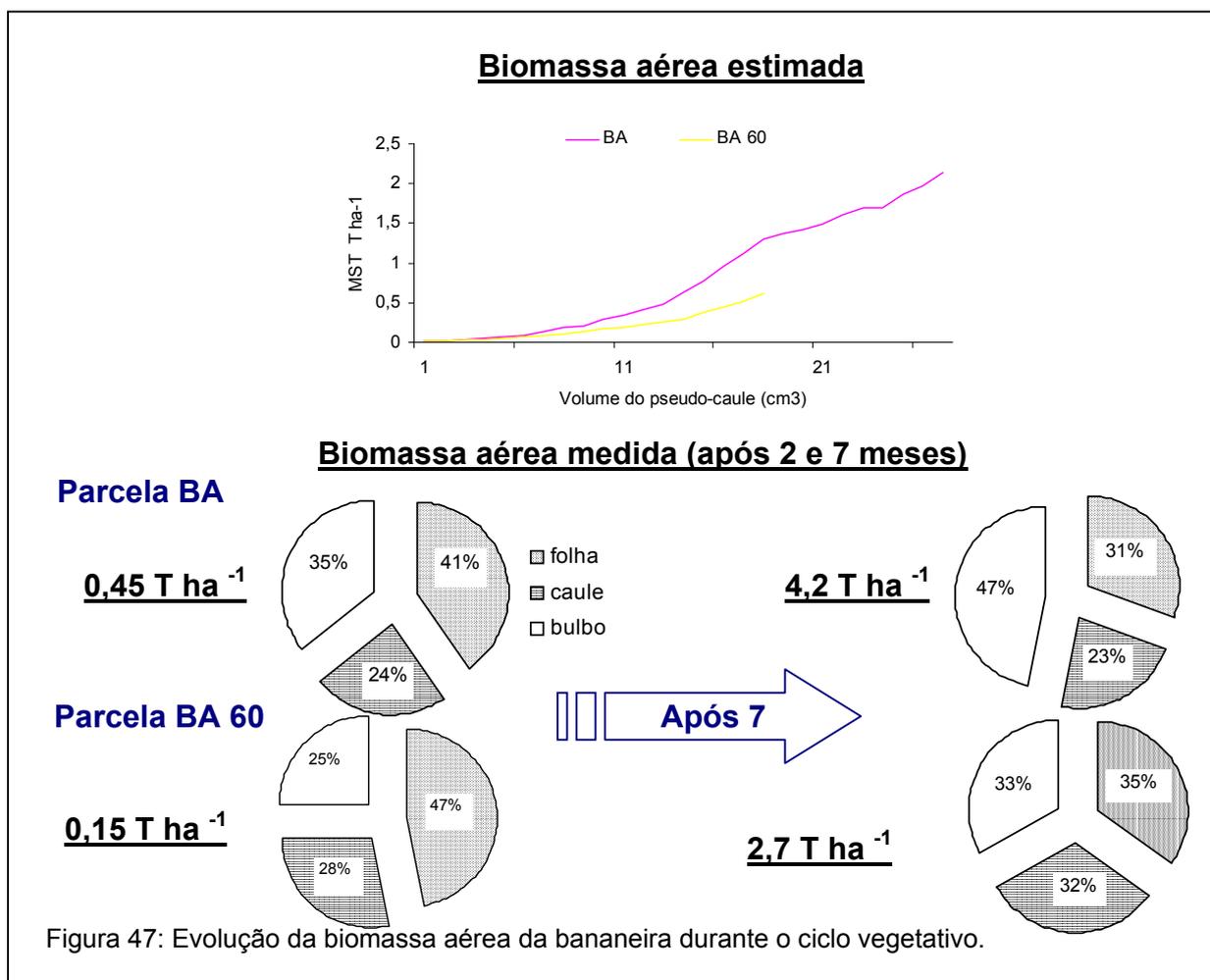


Figura 46: Evolução do diâmetro a 10 cm de altura da bananeira (BA e BA 60).

Diferentemente da primeira comparação (BP e BA), a diferença da produção de biomassa mostrou-se importante (figura 47).

A produção de reservas por órgão vegetativo também foi alterada no caso da segunda associação. Nota-se que após o segundo mês, as folhas continuam dominando a concentração de biomassa nas duas associações. Mas no sétimo mês o provável retardamento no crescimento da banana da segunda associação mantém uma maior concentração de reservas nos órgãos fotossintetizantes (figura 47).



A redução da produção de matéria seca pelas raízes na parcela BA 60 foi também evidenciada na curva de estimação (modelo de medida capacitiva) da biomassa radicular da bananeira, seguindo assim a mesma tendência das curvas de dinâmica da biomassa aérea da bananeira (figura 48).

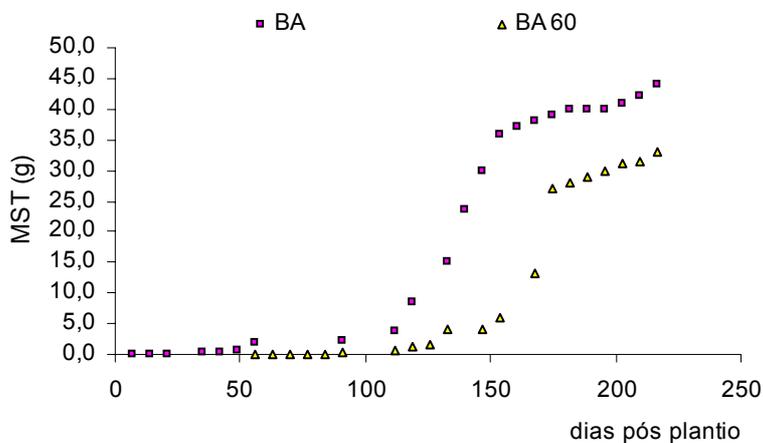


Figura 48: Comportamento da curva de condutividade elétrica das raízes da bananeira.

6.1.2.1.4. A produção de biomassa do feijão-de-porco

Durante os primeiros 60 dias, a biomassa produzida pelo feijão-de-porco, na parcela BA 60 (0,29 ton ha⁻¹), superou significativamente a parcela BA (0,19 ton ha⁻¹). E esta diferença foi mantida após sete meses de idade, quando a segunda associação produziu o dobro da matéria seca (3 ton ha⁻¹) em relação a primeira associação.

Esta diferença reforça a hipótese de uma baixa competição sobre a leguminosa na parcela BA 60, durante os primeiros 60 dias. Desta forma, o estado de competição estabelecido com a bananeira foi decisivo para a definição do rendimento final das duas espécies associadas.

Quadro 19 – Comparação da produção de matéria seca do feijão-de-porco (ton/ha) após 60 e 210 dias do plantio.

Idade pós plantio	MST Total (Ton)	Folhas adultas		Raízes superficiais		Frutos e flores		caule		
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV	
2 meses	BA	0,19 a*	0,11a	20,8	0,002a	28	0,009a	1,61	0,04 a	24,0
	BA 60	0,29 b	0,12 b	28,0	0,03 b	36	0,024 b	24,4	0,11 b	13,4
7 meses	BA	1,5 a	0,20a	50	0,1 a	20	0,5 a	24	0,7 a	50
	BA 60	3,0 b	0,50 b	21	0,1 a	10	1,0 b	48	1,4 b	28

*Valores seguidos de letras iguais, não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

Os indicadores expostos acima nos dão uma idéia inicial do papel decisivo que a data de plantio exerce sobre a definição do rendimento de uma associação. Em primeira instância, a definição do calendário de plantio foi decisivo para o estabelecimento do estado de competição entre as duas espécies associadas. De acordo com a mudança da data de plantio da bananeira (atraso de 60 dias), a capacidade de produção das espécies apresentou variações marcantes, onde a mesma mostrou alta susceptibilidade à agressividade do feijão-de-porco em termos de cobertura viva da parcela (subterrânea e aérea). E quando o plantio foi realizado simultaneamente, observa-se uma predominância da bananeira na ocupação da superfície explorada.

Observando a repartição da matéria seca na leguminosa, observou-se que a maior diferença concentrou-se na biomassa de folhas encontradas na segunda associação, destacando uma considerável reserva de biomassa nesta parcela, mas com um teor de lignificação muito alto, dificultando a disponibilidade, a curto prazo, desta matéria orgânica para a bananeira, no caso de incorporação deste material vegetativo. E esta alta produção de folhas mostrou que, apesar de ter entrado na fase vegetativa, o feijão-de-porco mantém uma alta atividade fotossintética durante todo o ciclo de vida.

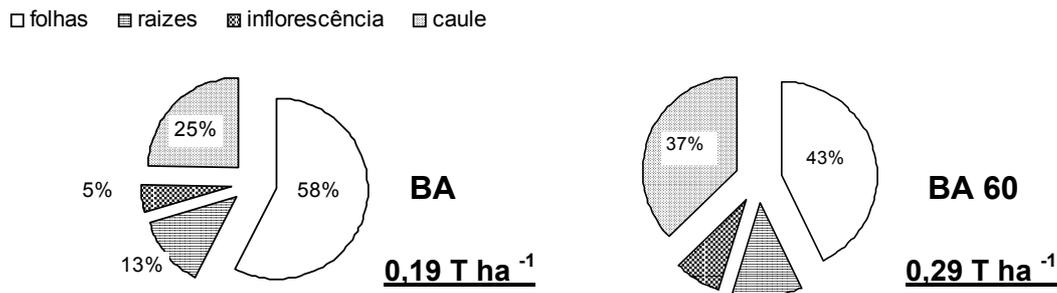


Figura 49: Distribuição da matéria seca nos órgãos do feijão-de-porco após 2 meses.

Contudo, a diferença de data de plantio nos força a estabelecer algumas comparações para afirmarmos se as condições climáticas não exerceram influência decisiva na diferença da produção de biomassa das plantas, especificamente no caso da bananeira.

6.1.2.2. Os fatores e condições climáticas relacionados com os componentes de rendimento da bananeira

6.1.2.2.1. O balanço hídrico

No tocante ao balanço hídrico, podemos observar que um possível déficit ficou bem mais evidente no caso da parcela BA (figura 50), quando observamos a relação oferta x demanda na segunda associação. Porém, vale ressaltar uma maior dificuldade na primeira semana da bananeira na parcela BA 60, sendo esta situação a que talvez tenha contribuído para uma maior dificuldade das mudas se estabelecerem e iniciarem a fase de crescimento vegetativo.

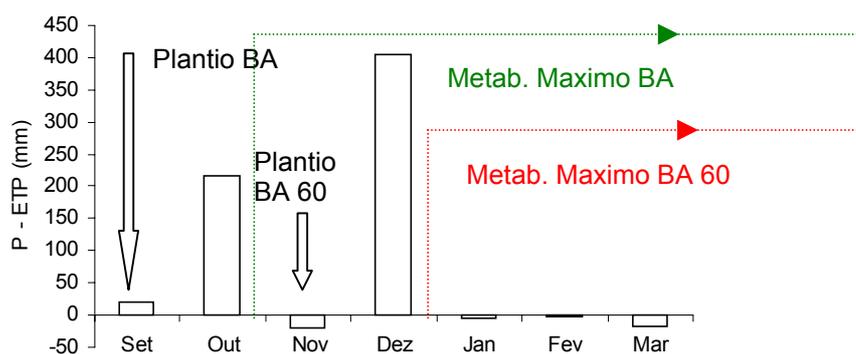


Figura 50: Comparação da época de plantio das duas parcelas, durante os 4 primeiros meses do ciclo vegetativo da bananeira.

6.1.2.2.2. A radiação e a temperatura do ar

Como o primeiro indicador desta limitação está relacionado à redução de 50% do aparelho fotossintético da associação BA 60, poderíamos estar diante também de uma oferta diferenciada em termos de temperatura ambiente. Porém, a diferença de soma de

temperaturas apresentada entre as duas parcelas associadas (81°C ou aproximadamente 6 dias) não parece explicar as diferenças de produção de biomassa, possibilitando-nos afirmar que a parcela BA 60 obteve condições próximas de radiação e temperaturas diárias que os demais tratamentos (figura 51). A altitude relativamente baixa (> 100 m acima do nível do mar) deve explicar a baixa variação da temperatura média. Assim, a diferença na produção de biomassa não pode ser explicada por estes fatores climáticos, durante as diferentes datas de plantio da bananeira. O mesmo podemos afirmar para a radiação global incidida no mesmo período do estudo.

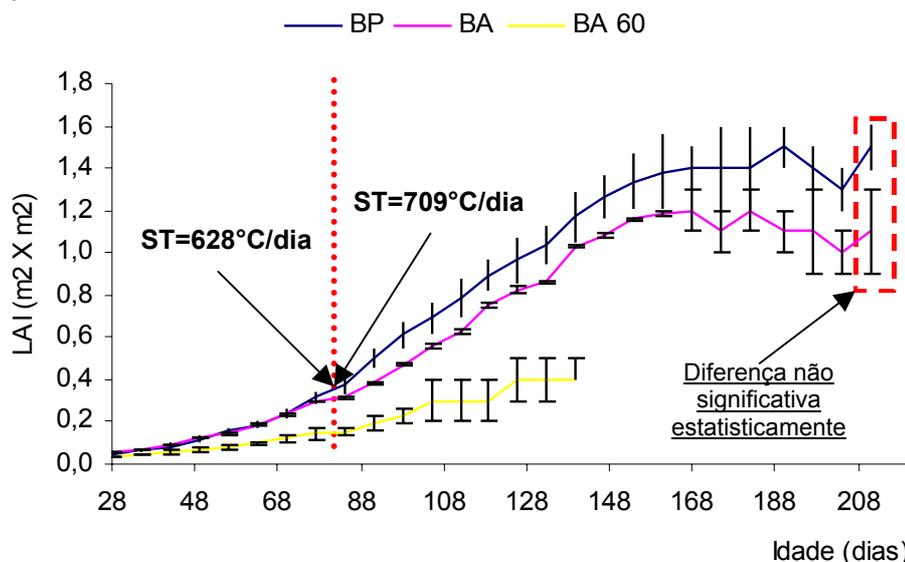


Figura 51: Evolução da superfície foliar da bananeira, igualando os calendários do ciclo vegetativo e, termos da soma de temperatura (na base 14).

6.1.2.3. Os fatores e condições edáficas

6.1.2.3.1. A densidade do sistema radicular

A comparação dos perfis agropedológicos (figura 52) mostrou comportamentos diferenciados da colonização radicular e da interação entre as duas espécies.

A diferença que chama mais atenção é a baixa densidade de raízes alcançada pela bananeira, quando o feijão-de-porco é estabelecido 60 dias antes. O sistema radicular demonstra encontra-se em um estado de intensa competição por fatores e condições de crescimento, mas principalmente por espaço. E desta forma, o escasso desenvolvimento das raízes da bananeira limitam-se aos primeiros 15 a 20 cm iniciais do solo.

Neste contexto de extrema limitação, mesmo considerando os efeitos favoráveis da leguminosa associada (melhoria das estruturas do solo), estamos diante de uma situação de limitação no rendimento do cultivo principal, traduzida em uma baixa na produção de biomassa e, conseqüentemente, do rendimento em frutos.

Assim, podemos afirmar que o estado de competição foi um dos fortes motivos da redução do rendimento da bananeira na parcela BA 60. E nestas condições, a oferta de

fatores de crescimento da bananeira foram reduzidos em virtude da predominância do feijão-de-porco.

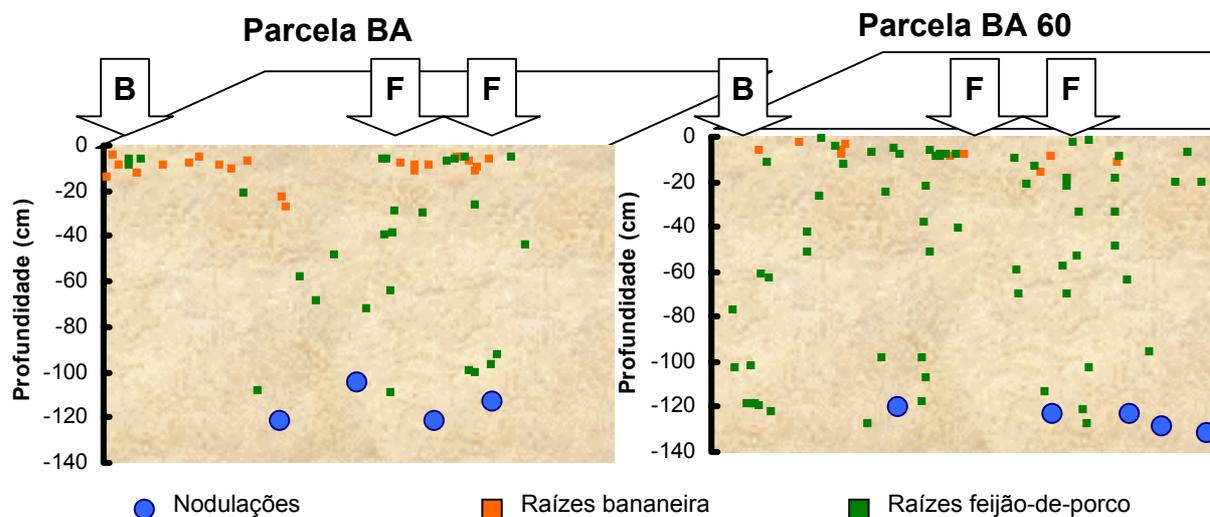


Figura 52: Perfil agropedológico das parcelas BA e BA 60, após 7 meses do plantio.

6.1.2.3.2. Perfil hídrico do solo cultivado

Em relação as demandas hídricas da associação (figura 53), percebe-se que a segunda associação (BA 60) confirma uma maior necessidade em termos de metabolismo, superando mesmo a demanda da primeira (parcela BA). Esta demanda é bem superior nos primeiros horizontes do solo (35 cm) pois a competição se concentra mais neste nível.

Em uma situação de falta de chuvas (déficit hídrico), a associação é afetada fortemente, pois a concorrência interna por água é diretamente ligada a colonização de raízes no solo.

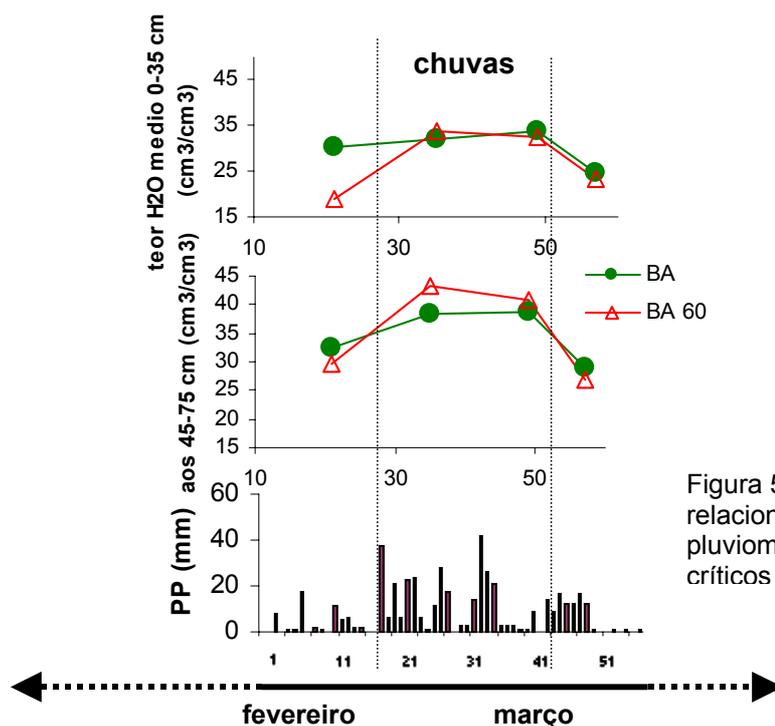


Figura 53: Teor de água no solo relacionado com a precipitação pluviométrica dos meses mais críticos do ciclo.

6.1.2.4. A análise nutricional da planta

Até o sétimo mês do ciclo, o indicador nutricional da planta não forneceu muitas diferenças quando comparadas as duas parcelas associadas. Considerou-se também que o nível nutricional entre as duas parcelas não alterou muito em termos qualitativos, ficando esta diferença mais ligada ao número superior de folhas produzidas pela primeira associação estabelecida.

Em comparação com o padrão nutricional, podemos notar que os valores do nitrogênio ficaram bem abaixo, apontando uma certa deficiência da bananeira, podendo explicar uma baixa das reservas para a fase reprodutiva. No caso do potássio, podemos relacionar com a forte demanda deste elemento por parte do feijão-de-porco, na formação e enchimento das vagens. Já o fósforo manteve índices relativamente altos, provavelmente devido ao antecedente histórico de preparação e adubação da parcela.

Quadro 20: Resultados da análise foliar da bananeira aos 60 dias de idade

Período	Parcela	Elementos					
		N		P		K	
		(%)	CV	(%)	CV	(%)	CV
Padrão nutricional*		3,08 a 3,72		0,143 a 0,162		4,65 a 3,51	
Estado de muda		3,970	4,9	0,425	8,4	4,100	11,6
Após 2 meses do plantio	BA	2,920	6,6	0,593	7,0	3,430	3,0
	BA 60	2,850	10,9	0,817	31,0	4,030	8,4
Após 7 meses do plantio	BA	2,413	5,5	0,444	18	2,371	3,7
	BA 60	2,680	7,7	0,440	58	1,553	18,2

* Referencial para a época da floração da bananeira, segundo Lacoecilhe & Godefroy (1971).

6.2.1.2.5. Os efeitos dos tratamentos no itinerário técnico realizado

Como foi dito anteriormente, faz-se necessário destacar que a definição da data de plantio da bananeira como o diferencial em termos do comportamento das espécies ao longo do ciclo.

O estado de competição dependeu fortemente das condições de estabelecimento inicial das espécies e, no caso da bananeira, o plantio antecipado da leguminosa proporcionou uma ambiente pouco favorável para superação de sua fase de estresse inicial.

No caso da primeira associação (BA), no momento do plantio da banana (mudas com 29 cm), o feijão-de-porco não oferecia nenhum tipo de competição inicial pois seu plantio é realizado via semente. Assim a bananeira dominou facilmente o estrato superior da parcela.

Por outro lado, na associação BA 60, a bananeira foi plantada quando o feijão-de-porco já encontrava-se com uma altura de 74 cm e recobrando totalmente o solo. Neste

ambiente, a leguminosa agravou a fase de estresse pós-plantio da bananeira, estabelecendo condições limitantes de crescimento inicial da mesma.

6.1.2.2. Síntese da análise comparativa entre as parcelas BA e BA 60

Tentando responder a segunda questão levantada no início do capítulo, ou seja:

→ A associação em momentos críticos pode limitar o rendimento da bananeira? Como?

(III) A data de estabelecimento da associação influencia na intensidade da competição com a bananeira ?

Inicialmente podemos afirmar que, a homogeneidade do material genético utilizado garantiu uma isenção de efeitos inerentes ao funcionamento metabólico das plantas.

Em relação ao meio, as diferenças de biomassa das parcelas associadas não foram afetadas por variações climáticas (exceto a pluviometria), pois as condições de crescimento e desenvolvimento não apresentaram grandes alterações decorrentes da diferença no calendário do plantio.

Em relação às intervenções técnicas, ficou claro que a definição da data de plantio das espécies (estabelecimento da associação) influenciou diretamente no desempenho das espécies envolvidas.

No caso da primeira parcela associada, as boas condições na fase de estabelecimento da bananeira (estresse pós-plantio) foi fundamental para se alcançar bons resultados em termos de produção dentro de uma situação de competição constante com outra espécie cultivada.

Já no caso da segunda associação, as condições de estabelecimento foram desfavoráveis para a bananeira. E como não houve nenhuma intervenção técnica para minimizar o intenso estado de competição, o rendimento potencial da bananeira (produção de biomassa) foi negativamente afetado. A redução na produção de reservas da planta afetará diretamente a fase reprodutiva e, conseqüentemente, o número de flores femininas a serem produzidas (futuros frutos). Desta forma, podemos afirmar que o estado de competição inicial da associação acaba causando limitações irreversíveis no rendimento final da bananeira.

Como o objetivo maior deste tipo de associação é a produção da bananeira, e o presente estudo mostrou as limitações da associação BA 60, podemos considerar que a primeira associação demonstrou boas possibilidades de manutenção de um rendimento potencial interessante, estando muito próximo dos resultados alcançados pelo monocultivo.

Por outro lado, a definição do calendário de plantio e das intervenções técnicas (capinas, etc) torna-se fundamental para um controle do estado de competição em níveis aceitáveis em termos do rendimento final em frutos.

Ainda torna-se necessário testar o comportamento do cultivo associado a médio e longo prazo. em condições ótimas de crescimento e desenvolvimento, ou seja, com um fornecimento ótimo em termos de adubação e irrigação para testar os efeitos a médio e longo prazo da leguminosa na melhoria do solo.

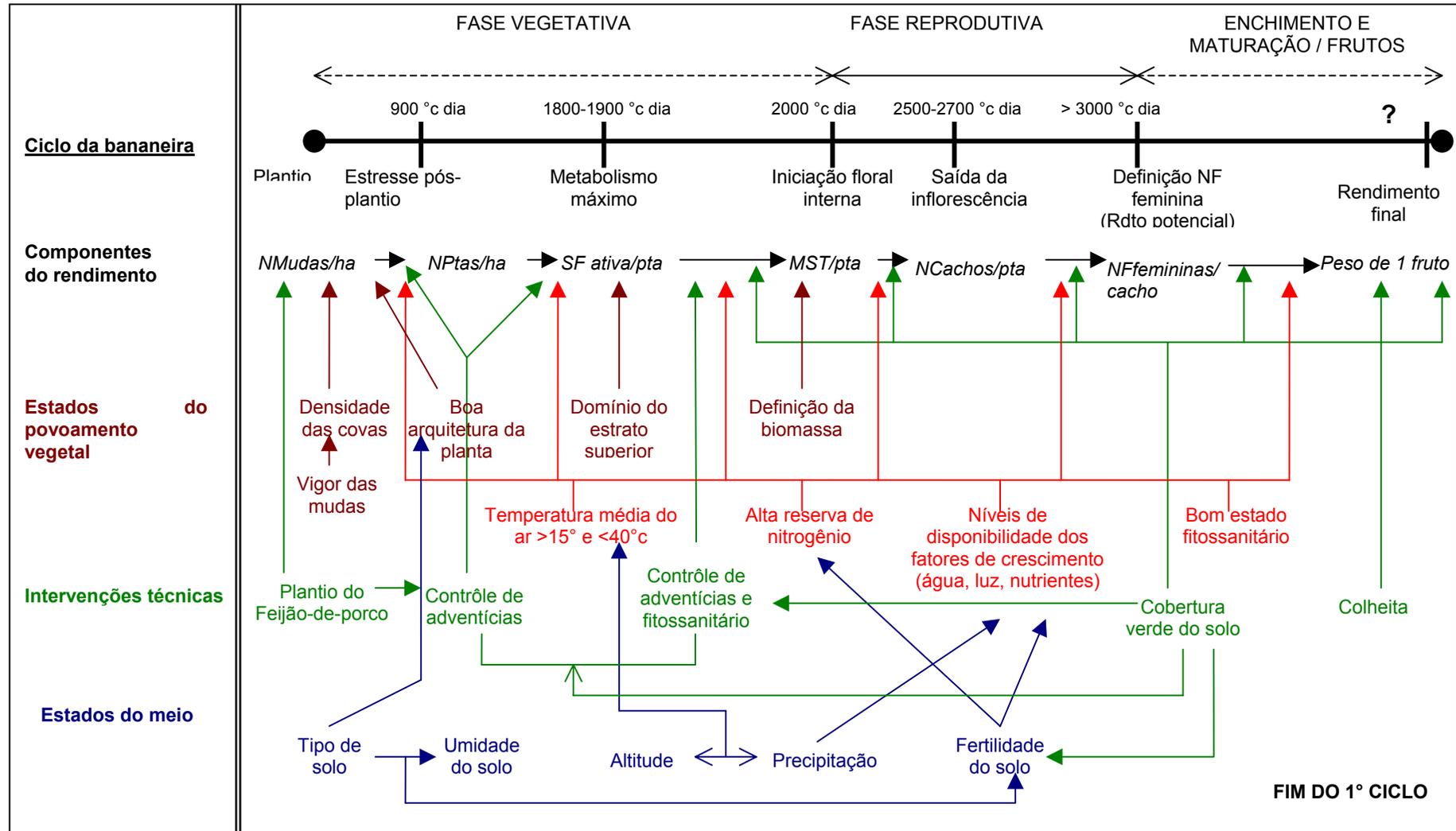


Figura 54: Síntese aproximativa do esquema de elaboração do rendimento da bananeira associada simultaneamente.

6.2.2. A MODELIZAÇÃO DE SISTEMAS DE CULTIVO

Nesta última etapa da análise, utilizou-se o Modelo STICS para a construção de cenários sobre a performance da bananeira em termos de rendimento final em frutos, levando em consideração os fatores e condições reais do meio cultivado e simulando o introdução de outras intervenções técnicas na condução dos sistemas de cultivo.

Vale a pena salientar que para a validação e construção dos cenários dos sistemas de cultivo estudados, optou-se por estabelecer uma comparação apenas entre a parcela de monocultivo (BP) e a primeira associação (BA), visto que os resultados da segunda associação (BA 60) foram pouco interessantes como alternativa de produção de frutos. Um outro motivo do descarte da modelização da parcela BA 60 foi devido as dificuldades de adaptação do modelo STICS para os sistemas de cultivo em que o espécie principal inicia seu crescimento após a espécie secundária. E neste caso, a época do plantio da bananeira deu-se quando o feijão-de-porco já encontrava-se com 60 dias de idade e dominava o estrato superior da associação.

Antes da construção de cenários, fez-se necessário uma calibração do modelo. Este procedimento foi garantido através da definição dos dados de entrada do modelo, utilizando os dados reais do funcionamento dos povoamentos vegetais acompanhados nas parcelas, para serem comparados com uma curva padrão do modelo STICS criada a partir das características das duas parcelas comparadas.

Após a validação do modelo, uma última etapa resumiu-se na construção de cenários envolvendo os sistemas de cultivo estudados. Nesta fase definiu-se, para cada tratamento, duas situações de comparação. A primeira baseou-se na situação da parcela cultivada, ou seja, uma modelização do rendimento final. Já a segunda optou-se por introduzir algumas intervenções técnicas que garantissem o potencial máximo dos sistemas de cultivo. Desta forma, optou-se por incluir as práticas tradicionais de irrigação e adubação nitrogenada, garantindo assim a simulação das condições ótimas de oferta dos fatores de crescimento e desenvolvimento da bananeira.

6.2.2.1. A validação da aplicação do modelo STICS no ciclo vegetativo das parcelas estudadas

Na validação do modelo, optamos por comparar três indicadores marcantes no ciclo vegetativo da bananeira:

- A produção de matéria seca
- A evolução do índice de área foliar
- A evolução da altura do pseudo-caule

6.2.2.1.1. A produção de matéria seca da bananeira

Através da figura 55, podemos observar uma proximidade entre a curva modelizada pelo STICS e os pontos acompanhados durante o ciclo vegetativo das parcelas. Desta forma podemos considerar que após a adaptação do modelo para as condições de meio e fatores de crescimento e desenvolvimento da parcela, o mesmo respondeu de forma interessante, garantindo uma relativa confiabilidade em termos de resultados obtidos em meio real.

Em relação as curvas modelizadas, observou-se que o STICS monocultivo da banana apresenta uma superioridade em termos de produção de matéria seca. A modelização de BP inicia o crescimento exponencial de biomassa 30 dias antes da associação BA (aos 60 dias). Por outro lado, estes resultados também apontam para algumas deficiências do modelo, em termos de precisar alguns processos internos do sistema de cultivo, como por exemplo as características de complementaridade entre a banana e o feijão-de-porco, a curto e médio prazo, tanto em termos de melhoria química do solo, quanto na melhoria microclimática.

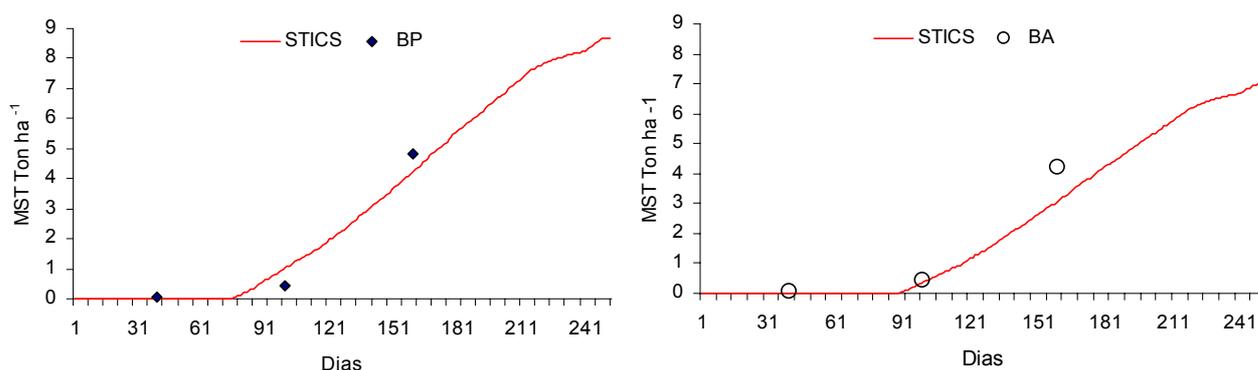


Figura 55: Aplicação do Modelo STICS sobre o fator produção de biomassa nas parcelas estudadas.

Ainda sobre a modelização da matéria seca, faz necessário considerar o desvio médio da curva padrão dos modelos construídos para as situações estudadas. Estes desvios, apesar de relativamente baixos, devem ser considerados para uma maior precisão na estimativa do rendimento final da bananeira.

6.2.2.1.2. A evolução do índice de área foliar

Seguindo a mesma tendência observada acima, a modelização da evolução da superfície foliar emitida mostra-se superestimada, quando comparados com os dados reais na parcela experimental (figura 56). Isto também deve-se ao fato de que o modelo tende a considerar sempre o potencial máximo da espécie cultivada, ou seja, não incluindo algumas especificidades da parcela experimental como: competição interna com adventícias e espécies associadas, contribuições simbióticas, etc.

De qualquer forma, podemos relativizar os resultados considerando uma superestimação de 20-25% em relação aos resultados alcançados em meio real.

Em relação do comportamento das curvas, o modelo não evidencia uma grande diferença em termos de emissão foliar, confirmando os dados reais coletados durante o ciclo. Observou-se uma antecipação do aumento no índice de área foliar do modelo, mostrando uma deficiência do modelo em representar com mais precisão a situação real das parcelas.

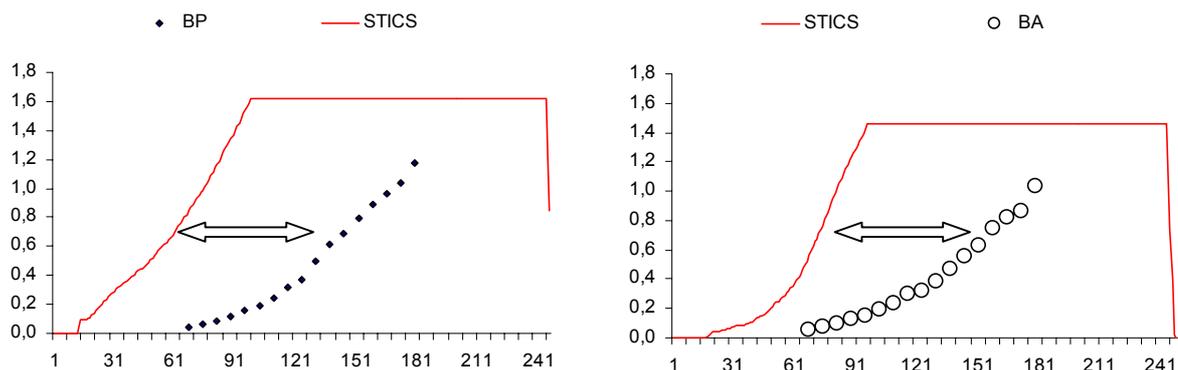


Figura 56: Aplicação do Modelo STICS sobre o fator índice de área foliar nas parcelas estudadas.

6.2.2.1.3. A evolução da altura do pseudo-caule

O crescimento do pseudo-caule foi representado por curvas muito semelhantes nas duas parcelas comparadas (figura 57). Quando comparou-se as mesmas com os dados coletados na parcela, confirmo-se uma grande semelhança na construção do padrão real de crescimento do charuto foliar, mesmo observando-se uma superestimação da altura dos mesmo.

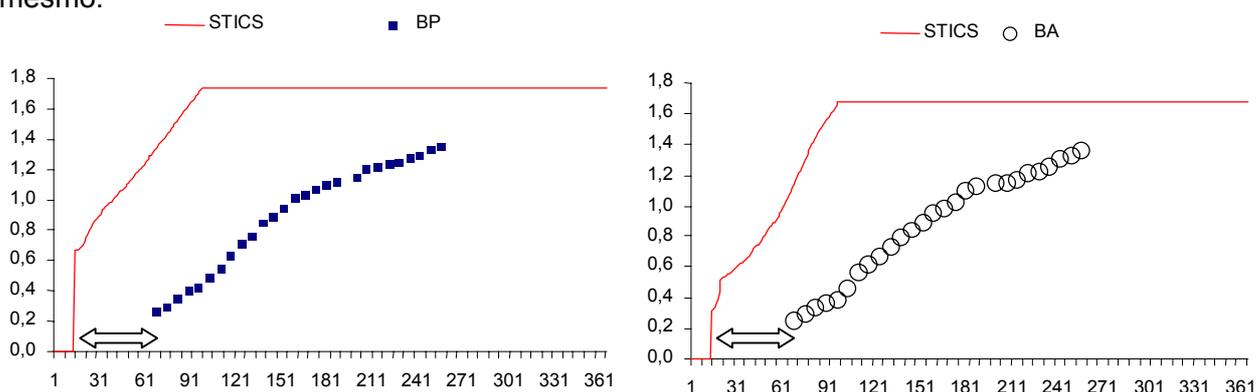


Figura 57: Aplicação do Modelo STICS sobre o fator altura do pseudo-caule nas parcelas estudadas.

Portanto, podemos considerar que a modelização dos sistemas de cultivo estudado podem ser considerados próximos da realidade, considerando um percentual de superestimação em torno de 20%. E esta ferramenta de simulação permitiu uma a construção de alguns cenários relacionados ao rendimento potencial final da bananeira nas

duas parcelas. Além disto, o mesmo permitiu comparar o comportamento dos principais fatores de crescimento e desenvolvimento do cultivo.

6.2.2.2. A construção de cenários de sistemas de cultivo da bananeira: perspectivas de uso do modelo STICS na previsão do rendimento final da bananeira

Em termos gerais do rendimento potencial final, observou-se uma perspectiva de produção de frutos superior do monocultivo da bananeira. Porém não se pode realizar uma avaliação baseada simplesmente nos resultados a curto prazo, pois corre-se o risco de uma leitura equivocada dos efeitos positivos trazidos pela parcela associada, a médio e longo prazo.

Nesta perspectiva, analisamos alguns indicadores importantes sobre as conseqüências dos sistemas de cultivos, em relação as modificações do meio cultivado e das intervenções técnicas modificadas.

6.2.2.2.1.a. Atividade biológica do solo

Considerando uma maior colonização radicular da associação, o modelo supõe que os efeitos positivos nas características do solo cultivado serão bem mais interessantes nesta parcela, a médio e longo prazo. Também o incremento nitrogenado da ação simbiótica das bactérias junto ao sistema radicular da leguminosa (cerca de 140 Kg/ha), proporcionarão uma atividade biológica intensa a mais de 1 metro de profundidade, além de garantir uma mobilização de elementos nutricionais das camadas mais profundas.

6.2.2.2.1.b. Balanço do nitrogênio

Após a construção dos cenários, as associações ainda superaram significativamente o monocultivo em termos de produção e mobilização do nitrogênio. Quando observamos a necessidade de adubação, constatamos que, mesmo no modelo com adubação, a associação dispensa este tipo de intervenção pois disponibiliza quantidades suficientes para um bom funcionamento da bananeira em relação a este nutriente.

Por outro lado, apesar de boa parte deste nitrogênio encontrar-se imobilizado pela leguminosa (partes aéreas e raízes), a associação consegue disponibiliza-lo tanto a curto prazo (reciclagem via morte das raízes e seus nódulos), quanto a médio e longo prazo (via incorporação de 1,5 ton ha⁻¹ de matéria seca, produzida pelo feijão-de-porco). Fora isto, as perdas do nitrogênio pela lixiviação foram inferior na associação (66 Kg/ha), sendo apontadas como inferiores as estimadas para o monocultivo (93 Kg/ha).

Na comparação dos cenários do monocultivo da banana, observou-se que a adubação nitrogenada é decisiva na definição do rendimento final da mesma, pois no sistema de cultivo adubado (Cenário B), o monocultivo utilizou 400 Kg/ha de adubação

nitrogenada para garantir um rendimento de quase o dobro que o monocultivo sem adubação.

6.2.2.2.1.c. A demanda hídrica

Embora a reserva hídrica utilizada pela planta tenha apresentado pequenas variações entre os 4 cenários comparados (a associação com uma demanda levemente superior), observou-se que tanto o monocultivo quanto a associação demandaram 133 mm de irrigação no modelo STICS, apontando assim uma possível deficiência hídrica para um melhor funcionamento fisiológico das bananeiras, nas condições reais do estudo (cenário A).

Em relação aos outros fatores como temperatura e radiação absorvida, notou-se que tanto o monocultivo quanto a associação BA mostraram resultados muito próximos. Talvez precisamos frisar uma maior demanda hídrica por parte da parcela associada, sendo este aumento imposto pela alta atividade fotossintética de ambas as espécies combinadas.

Porém, o modelo demonstra uma limitação na definição exata da temperatura acumulada ao final do ciclo reprodutivo, pois acredita-se que a temperatura acumulada pela planta após o ciclo vegetativo ultrapassam os 3.000°C dia.

Quadro 21: Cenários sobre o balanço final do rendimento das parcelas estudadas – aplicação do Modelo STICS para as parcelas BP e BA

Alguns indicadores	Cenário A		Cenário B	
	Sem irrigar e adubar		Com irrigação e adubação	
	BP	BA	BP	BA
Biomassa aérea (0 %) Ton/há	8,61	7,12	12,36	7,21
Profundidade das raízes (cm)	59	130	59	132
Rendimento em frutos (78 %) ton ha⁻¹	19,6	16,01	28,10	16,21
Quantidade de Nitrogênio no cultivo (Kg/ha)	98	90	145	98
Quantidade de adubação Nitrogenada (Kg/ha)	0	0	400	0
Balanço do Nitrogênio na parcela (Kg/ha)	347-347= 0	762-762= 0	388-332= 56	496-436=60
Quantidade de água irrigada (mm)	0	0	133	133
Reserva máxima de água utilizada (mm)	96	99	79	97
Temperatura acumulada ao final do ciclo vegetativo (C° dia)	2714	2726	2712	2719
Temperatura acumulada ao final do ciclo reprodutivo (C° dia)	2756	2741	2748	2747
Duração do ciclo da bananeira (dias)	240	239	242	238

Portanto, o modelo STICS demonstrou grandes possibilidades de adaptação para a simulação de novos sistemas de cultivos alternativos para a produção de banana.

É certo que a fase de calibração e validação do modelo é fundamental para a maior confiabilidade dos dados de saída destes cenários lógicos. No caso deste estudo, o modelo ainda demonstra limitações na sua aplicabilidade em sistemas de cultivos onde a espécie principal encontra-se em um estrato inferior ao da espécie secundária.

Contudo, não se pode negar as vantagens da utilização de tal ferramenta no apoio de definição o comparação de sistemas alternativos com referenciais técnicos e produtivos existentes. Outra forma interessante de aplicação do STICS vem sendo consolidada pelo INRA, no apoio a tomada de decisões de agricultores, para a definição e teste de novos sistemas de cultivo agrícolas.

7. CONCLUSÃO

A guisa de conclusão, após o acompanhamento dos 7 primeiros meses do ciclo vegetativo, podemos destacar que a associação entre a bananeira e o feijão-de-porco não causou limitações na produção de biomassa (4,2 ton ha⁻¹), quando comparada com o monocultivo (4,5 ton ha⁻¹). A redução do número de capinas também foi um indicador animador deste sistema de cultivo alternativo.

Por outro lado, quando a bananeira foi plantada 60 dias após a leguminosa, a mesma representou uma séria limitação na produção de biomassa (2,7 ton ha⁻¹). Esta limitação deveu-se ao estado de forte competição devido a agressividade com que o feijão-de-porco, recobrando toda a parcela e alcançando uma altura (74 cm) superior que a muda de banana (29 cm).

Portanto, a data de estabelecimento da associação foi determinante para o sucesso do cultivo associado. E no caso deste estudo, o plantio simultâneo das duas espécies não causou limitações no rendimento potencial da bananeira.

Em relação a primeira parte da metodologia aplicada - o diagnóstico agrônômico -, a mesma foi eficiente para a avaliação do ciclo vegetativo da associação estudada, ficando a necessidade de continuidade de acompanhamento do ciclo reprodutivo, para a confirmação dos resultados em termos de formação e produção de frutos (final do ciclo).

Na fase de modelização, chegou-se a uma leitura dos resultados próxima dos resultados obtidos no campo. Em termos de rendimento em frutos, o monocultivo com adubação (400 kg/ha de nitrogênio) e irrigação (133 mm) teve um aumento de quase o dobro do rendimento (28 ton ha⁻¹) quando comparada com a parcela nas condições reais do experimento (19,6 ton ha⁻¹). Já o rendimento em frutos da associação, o resultado foi

próximo entre os dois cenários testados - modelo com e sem adubação e irrigação (em torno de 16 ton ha⁻¹).

No tocante a construção dos cenários, confirmou-se novamente algumas das vantagens da associação, principalmente na redução da adubação nitrogenada aplicada nos sistemas convencionais de cultivo.

A decisão de utilizar algumas formas de estimar indicadores dos componentes de rendimento da bananeira foram de fundamental importância pois possibilitaram testar ferramentas para futuros diagnósticos deste cultivo em áreas de agricultores, utilizando alguns indicadores agrônômicos existentes sobre a bananeira.

O quadro 22 foi construído na intenção de sintetizar alguns dos principais aspectos da associação da bananeira com uma leguminosa.

Quadro 22 – Síntese do balanço entre algumas vantagens e desvantagens observadas durante o acompanhamento do ciclo vegetativo da associação banana x feijão-de-porco

Indicadores	Vantagens	Desvantagens
Estado do povoamento vegetal	Redução da presença de adventícias na parcela.	Competição entre as espécies associadas.
Produção de biomassa	Mantém-se nos mesmos níveis do monocultivo da bananeira, no caso da associação simultânea	Drástica redução da produção da bananeira, quando a bananeira é introduzida após 2 meses do feijão-de-porco.
Clima	Provável melhoria nas condições de temperatura da parcela.	Aumento na demanda hídrica na parcela associada.
Estado nutricional do solo	Provável melhoria a médio e longo prazo.	Aumento da demanda por nutrientes, a curto prazo.
Estado estrutural do solo	Melhoria a longo prazo, via maior colonização radicular do feijão-de-porco (chegando até a 120 cm de profundidade).	Maior pressão radicular no primeiros 35 cm do solo.
Estado hídrico do solo	-	Aumento considerável da demanda hídrica pela associação
Atividade biológica do solo	Intensa atividade biológica até 120 cm de profundidade	-
Controle de adventícias	Redução de 50% no número de capinas	Maior dificuldade de transição humana dentro da parcela
Adubação	Boa participação do feijão-de-porco como adubo verde, a médio e longo prazo (a verificar, futuramente)	Pouca contribuição da leguminosa, a curto prazo.

Finalmente, enumerou-se abaixo alguns limites detectados no metodologia utilizada no estudo, como:

A duração do experimento: o tempo de estudo não possibilitou um acompanhamento de todo o ciclo vegetativo da bananeira, obrigando a uma estimativa dos resultados finais em termos de produção de biomassa. Também o acompanhamento do comportamento da

fase reprodutiva da bananeira deve ser garantido para a confirmação dos resultados obtidos na fase vegetativa.

O modelo STICS:

O modelo não leva em consideração elementos como o fósforo, potássio e outros, limitando-se a uma simulação nutricional nitrogenada. E mesmo assim, as incorporações via simbiose da leguminosa e efeitos cumulativos do sistema de cultivo associado, também ainda não são considerados no modelo.

A utilização do modelo também foi caracterizada pela superestimação da produção (20 %), principalmente por não conseguir ainda especificar algumas inter-relações que ocorrem dentro das populações estudadas, ou seja:

a) no monocultivo, devido algumas perdas via estados de competição com adventícias e parasitas e;

b) na associação, devido não precisar as perdas e ganhos relacionados com a complexidade do sistema e das combinações estabelecidas entres as espécies associadas.

Outra deficiência do STICS está na impossibilidade de modelização da parcela BA 60 devido a limitação do STICS para associações onde a espécie principal é plantada depois da espécie secundária.

Diante de tais resultados, podemos imaginar a construção de várias formas de testar e otimizar o uso destes sistemas associados (cenários), garantindo uma forma mais prática de avaliar as alternativas de exploração agrícola). Porém, confirma-se que a construção de novos referenciais agrônômicos sobre sistemas de cultivo mais complexos (os cultivos associados) torna-se ainda necessário para a realização de avaliações mais precisas sobre estas alternativas. E, com estes novos referenciais, podemos imaginar, a médio e longo prazo, alguns dos benefícios das leguminosas sobre as propriedades físico-químicas do solo cultivado (cobertura viva, adubo verde, redução de adventícias, etc) e sobre a manutenção do rendimento dos cultivos (adubação verde).

Finalmente como perspectiva de novos testes de sistemas de cultivo associados, poderíamos imaginar, por exemplo, um plantio de feijão-de-porco e após 60 dias (início da fase reprodutiva) o corte total da leguminosa, para a implantação da banana, evitando assim uma competição intensa e garantido uma cobertura morta interessante para a fase inicial da bananeira. Enfim, este estudo acaba abrindo um leque de possibilidades metodológicas capazes de apoiar novas formas de avaliações agrônômicas de sistemas de cultivos alternativos ao monocultivo, dentro de uma ótica agroecológica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADO, M. R. Efeito Alelopático De Leguminosas Utilizadas Como Adubo Verde. In: legume green manure allelopathic effects. <http://www.unimar.br/ciencias/5-9-1.html>, acessado dia 29 da maio 2001.

ABBOUD, A C. de S. Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural da Patos de Minas. Tese de Doutorado, UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, 298 p., 1986.

ALMEIDA O A de. Drenagem. IN: A CULTURA DA BANANEIRA: ASPECTOS TÉCNICOS, SÓCIOECONÔMICOS E AGROINDUSTRIAIS. Organizado por Élio José Alves – 2. Ed. rev.– Brasília: Embrapa-SPI, Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, p. 291 - 316, 1999.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da; FILHO, W. M.; REGAZZI, A J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.30, n.2, p. 175-185, fev. 1995.

ALVES, E. J. A cultura da bananeira: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agro-industriais. Organizado por Élio José Alves – 2. Ed., rev. – Brasília: Embrapa-SPI, Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, p.233-235, 1999.

AMABILE, R. F.; CORREIA R. J.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Pesq. Agropec. Brasil. Brasília, v. 29, n.8, p.193-199, ago. 1994.

AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E de M.; VIEIRA, D. J. e NÓBREGA, L. B. da. Consórcio algodão e feijão-vigna: efeitos de modalidades de arranjo de fileiras. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v. 28, n. 7, 813-822, jul., 1993.

BAJAZET, T.; OZIER-LAFONTAINE, H. e RAPHAEL, L. Effect of position and plant electrodes when measuring the electrical of the root system of maize. Article soumis dans *Agronomy Journal*, 2001.

BARON C.; REYNIERS, F. N.; CLOPES, A & FOREST, F. Applications du logiciel SARRA à l'étude de risques climatiques. *Agriculture et Développement*, France, p. 89-96. 2000.

BLANCO, G. B.; AREVALO, R. A; CHIBA, S. Convivência de populações de *Cyperus rotundus* L. com plantas de algodoeiro herbáceo. *Pesq. Agropec. Brasil.*, Brasília, 26(2): 169-176, fev. 1991.

BLIN, M. Expérimentation en système racinaire biparti: effets de la contrainte mécanique du sol sur le développement aérien et l'émission racinaire du bananier. INRA – Antilles Guyane, 25p., 1997.

BONHOMME, R; DROUET, J-L & AMÉGLIO, T. Introduction à la modélisation du fonctionnement physiologique d'un couvert. In: ACTES DE L'ECOLE-CHERCHEURS INRA EN BIOCLIMATOLOGIE. Tome 01: de la plante au couvert, Le Croisic, p. 647-669, 1995.

BORGES, A.L. SOUZA, L. da S.; ALVES, E.J. Coberturas vegetais do solo na produção da bananeira I ciclo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia, SP. Resumos expandidos, Águas de Lindóia, SP: SBCS, 1996 (Trabalho publicado em CD Rom).

BORGES, A.L. SOUZA, L. da S.; ALVES, E.J. Influência de coberturas vegetais do solo nas suas propriedades químicas e no desenvolvimento vegetativo da bananeira I ciclo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, Manaus, AM, 1996. Resumos expandidos, Manaus, AM, SBCS, 1996. p.32-33.

BRISSON, N. STICS-APC: l'adaptation d'un modèle de culture pure aux cultures associées et à certaines composantes de l'agronomie tropicale. Rapport de Travail, INRA-URAPC, Guadeloupe, 52p. 1998.

CALEGARI, A . Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Circular n° 80, Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, PR, 118p. 1995.

CARDOSO, M. J.; FILHO, F. R. F.; RIBEIRO, V. Q.; FROTA, A B. F.; MELO, F. de B. Densidade de plantas no consórcio milho X caupi sob irrigação. *Pesq. Agropec. Brasil.* Brasília, v. 28, n.1, p. 93-99, jan., 1993.

CHAMPION, J. e CHARPENTIER, J. M. La position des feuilles de bananier Poyo, *Fruits*, 25 (7-8), p.508-510, 1970.

CHAMPION, J. Le bananier. Collection Techniques agricoles et productions tropicales, G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 263 p. 1963.

CHAMPION, J. Quelques indications sur les besoins en eau du bananier Nain. Fruits 15, 387-400, 1960.

CHAUVET, Y. Cartographie et caracterisation des sols d'um Domaine Agricole Experimental, em milieu ferralitique tropical. INRA – Antilles e de la Guyane, Guadeloupe, 47 p. 1983

CIDA – Centro de Informacion y Documentacion Agropecuario: Instrutivo Técnico del Plátano. Ministério de la Agrucultura, Havana, Cuba, 160p. 1988

CINTRA, F.L.D; BORGES, A.L. Utilisation d'une légumineuse et d'une couverture morte dans les systèmes de production bananiers. Fruits, Paris, v.43, n.4, p.211-217, 1988.

CORRÈA, J. C.; CORRÈA, A F. F. Ciclagem de nutrientes em uma plantação de jacarandá-da-baía (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) consorciado com desmodio (*Desmodium ovalifolium* Wall.). Pesq. Agropec. Brasil. Brasília, v.31, n.7, p. 467-472, jul. 1996.

COSTA, N. de L. Adubação nitrogenada e consorciação de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) com leguminosas forrageiras tropicais. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v. 30, n. 3, 401-408, mar., 1995.

DANTAS, J. L. L.; SHEPHERD, K.; SILVA, S. de O; SOARES FILHO, W. dos S. Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica, IN: A CULTURA DA BANANEIRA: ASPECTOS TÉCNICOS, SÓCIOECONÔMICOS E AGROINDUSTRIAIS. Organizado por Élio José Alves – 2. Ed., rev. – Brasília: Embrapa-SPI, Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, p.27 - 34, 1999.

DE REYNAL, V. (organizador). Elementos de Agronomia. Vol. 1: Elaboração do rendimento (apostila DAZ). Belém, 73p., 1993.

DIOUF, M. Analyse de l'elaboration du rendement du mil (*Pennisetum typhoids* Stapf et Hubb.): mise au point d'une methode de diagnostic en parcelles paysannes. INAP-G, France, These, 227p., 1990.

DOREL, M. Problèmes de préparation des sols en bananeraie. Cas des sols à halloysite. *Fruits*, vol. 46, n°4, pp. 419 – 427, 1991.

DOREL, M. Travail du sol bananeraies: cas des andosols. In: SPÉCIAL BANANES II TECHNIQUES DE PLANTATION EN BANANERAIES INDUSTRIELLES. *Fruits*, vol. 48, n. 2, p. 77-82, 1993.

DOREL, M. Développement du bananier dans un andosol de Guadeloupe: effet de la compacité du sol. In: SPÉCIAL BANANES II TECHNIQUES DE PLANTATION EN BANANERAIES INDUSTRIELLES. *Fruits*, vol. 48, n. 2, p. 83-87, 1993.

DUFOUR, L. Elaboration du reneement en fleur coupee de l'Amthurium andreanum cultivate hors sol et sous abri en milieu tropical. These de Doctorat, Univ. D'ANGERS, France, 154p. 2001.

FABRI, C.; VEIGA JR, I & OZIER-LAFONTAINE, H. Diagnóstico agrônômico do arroz na Micro-região de Marabá (Pará-Brasil): primeiros resultados e metodologia. In: ACTES DU SEMINAIRE AGRICULTURE FAMILIALE ET DEVELOPPEMENT RURAL EN AMAZONIE ORIENTALE. n. hors série, d'Agricultures Paysannes et Développement: Caraïbe – Amérique Tropicale. Pointe-à-Pitre (Guadeloupe), SACAD – DAC. p.143-158, 1992.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A C. e FILHO, J. E. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 9, 1593-1600, set., 1999.

FILHO, O R. C.; SILVA, I de F. da; ANDRADE, A P. de; LEPRUN J. C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. *Pesq. Agropec. Brasil.*, Brasília, 27(9): 1363-1370, set. 1992.

FIORIO, P. R.; DEMATTE, J. A M.; SPAROVEK, G. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na microbacia hidrográfica do Ceveiro, em Piracicaba, SP. *Pesq. Agropec. Brasil.*, Brasília, v. 35, n.4, p. 671-679, abr. 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Disponível em: < www.fao.org.> acesso em: 20 maio 2000.

FOSTER, R. K. e TOMM, G. O . Effect of intercropping wheat with forage legumes on wheat production and ground cover. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 3, 465-471, mar., 2000.

GANRY, J. Action de la température et du Rayonnement d'origine solaire sur la vitesse de croissance des feuilles du bananier (*Musa acuminata* Colla): Application à l'étude du rythme de développement de la plante et relation avec la productivité. Thèse Université de PARIS VII, 1980. 331p.

GODEFROY, J. Le développement des racines du bananier dans divers sols: relation avec la fertilité. *Fruits*, vo. 24, n. 2, p. 101-104, 1969.

GODEFROY, J.; MULLER, M. & ROOSE, E. Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse cote d'ivoire. *Fruits*, vol. 25, n. 6, p. 403-420, 1970.

GODEFROY, J.; MULLER, M. & ROOSE, E. Estimation des pertes par les eaux de ruissellement et de drainage des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse cote d'ivoire. *Fruits*, vol. 30, n. 4, p. 223-235, 1975.

GOMES, T. C.de A; LUNZ, A M. P. Efeito de espécies leguminosas sobre a sustentabilidade de sistemas agroflorestais. *PA/110*, n. 2, CPAF – Acre, out. 1997.

GOMES, T. C. de A & MORAES, R. N. de S. Recomendações para o plantio de espécies leguminosas para o manejo de solos no Acre. *CT/77*, CPAF – Acre, 3 p., 1997.

GOUVEIA, R. F de. Possibilidades da adubação verde no Município de Paty do Alferes (RJ). Tese de Doutorado, UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, 132 p., 1995.

GRAS, R.; BENOIT, M.; DEFFONTAINES, J. P.; DURU, M.; LAFARGE, A; OSTY, P. L. *le Fait Technique en agronomie: Activité agricole, concepts et méthodes d'étude*. INRA, Ed. L'Harmattan, Paris, 1989. 184p.

GRAVIER, J. F. Comportement physique des sols a halloysite de Guadeloupe: Influence des contraintes hydriques et mécaniques sur l'état structural. Rapport, INRA-Antilles-Guyane & Ecole Nationale Superieure agronomique de Rennes, France, 32 p., 1992.

JANNOYER, M. Déterminisme du nombre d'organes reproducteurs d'une inflorescence de bananier (*Musa acuminata*, cv. Grande Naine). Thèse de Docteur, Institut National Agronomique Paris-Grignon & CIRAD-FLHOR, Paris, 175 p. 1995.

JESUS, E. L. de. Caracterização de leguminosas tropicais utilizadas como adubos verdes com relação ao padrão de absorção de nutrientes e mobilização de fósforo a partir de fosfato de rocha. Tese de Doutorado, UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, 108 p., 1993.

JOUBE, P. Le diagnostic agronomique préalable aux opérations de recherche-développement. Les Cahiers de la Recherche-Developpement. N.3-4, p. 67-75, 1984.

JOUBE, P. Le diagnostic du milieu rural: de la region a la parcelle. CNEARC, Montpellier, France, N.6, 40 p., 1992

JULLIEN, A . Croissance, développement et qualité des fruits du bananier (*Musa spp.* Groupe AAA cv. Grande Naine). Modélisation de la répartition des assimilats entre les fruits du régime. Thèse de Docteur, Institut National Agronomique Paris-Grignon & CIRAD-FLHOR, Paris, 92 p. 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, SP, Assoc. Bras. Para Pesq. Da Potassa e do Fosfato, 201p., 1989.

MANUEL DU UTILISATEUR STICS. Version 4.0: notice, concepts et formalisme. Coord. Nadine BRISSON & Bruno MARY, France, mai, 1999.

MARCHAL, J & JANNOYER, M. Elaboration du rendement du bananier. In: SPÉCIAL BANANES. PHYSIOLOGIE. Fruits, vol. 48, n. 1, p. 38-39, 1993.

MARÍN, D. C. Análisis de crecimiento en *Canavalia ensiformis* (L.) DC. bajo condiciones de campo. Ver. Fac. Agron. (Maracay), 15:1-16, 1989.

_____. Comparacion ecofisiologica de los cultivares Tovar y Yaracuy de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., sembrados em dos localidades i analisis de crecimiento. Agronomia Tropical, 46(1): 5-29, Venezuela, 1995.

_____. Efecto de diferentes formas de siembra sobre el potencial de presión del xilema y el rendimiento en granos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. *Agronomia Tropical*, 34(1-3):15-27, Venezuela, 1984.

MARÍN, D. C.; GOUVEIA, De. Uma comparação agroecológica de canavalia, *Canavalia ensiformis* (L.) DC., y soja, *Glycine Max* (L.) Merr., sometidas a dos frecuencias de riego. Fenología y crecimiento. *Ver. Fac. Agron. (LUZ)*. 16:227-242, 1999.

MARÍN, D. C.; NAVAS, P. B. Comportamiento ecofisiológico de la asociación Canavalia – Maíz con y sin aplicación de nitrógeno y con diferentes arreglos cronológicos. *Agronomia Trop.*, 45(4): 609-635, Venezuela, 1994.

MARÍN, D. C.; PEREZ, M. A . de. Crecimiento, fotosíntesis foliar y rendimiento en granos en los cultivares Tovar y Yaracuy de *Canavalia ensiformis* (L) DC., sembrados en Calabozo, estado Guárico. *Ver. Fac. Agron. (LUZ)*, 16:174-186, 1999.

MARTINE, J-F. Corissance de la canne et stress hydrique: les apports d'un modèle plante. CIRAD-CA, Agriculture et Développement, France, p. 21-28, 2000.

MARTINEZ, E.; SÁNCHEZ, A; COLMENARES, C.; CASANOVA, E. Respuesta del banano cv. Giant Cavendish (*Musa sp* (L.) AAA) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un suelo Typic Ustropepts, del sureste del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 14: 183-192, 1997.

MEYNARD, J M : SEBILLOTTE, M. Diagnostic sur les causes de variation du rendement du blé dans une petite région. IN: La fatigue des sols, 23^{ème} colloque SPF, Versailles, 21-22 octobre 1982 (les Colloques de l'INRA, n 17); p. 157-168. Versailles: Ed. INRA, 1983.

MEYNARD, J. M. Elements de prévision de l'effet des techniques culturales sur l'élaboration du rendement (extrait de la thèse de Docteur Ingénieur présentée à l'INA-PG), 1985.

MEYNARD, J. M. & DAVID, G. Diagnostic sur l'élaboration du rendement de cultures. Coll. Fertilité de Sols et Besoin des plantes, Sorrento-Italie, 6-7, 1987.

MILAN, P. A; RITTER, W. e DALLAGNOL, M. Seleção de leguminosas forrageiras tolerantes à alumínio e eficientes na utilização de fósforo. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 26 (1), 119-124, jan., 1991.

MOREIRA, F. M. de S. Caracterização de estirpes de rizóbio isoladas de espécies florestais pertencentes a diversos grupos de divergência de Leguminosae introduzidas ou nativas da Amazônia e Mata Atlântica. Tese de Doutorado, UFRRJ, Rio de Janeiro, RJ, 160 p., 1991.

MORENO, M.; FERNANDEZ, L.; SOSA, L.; ESPARZA, D. Efecto del potasio, calcio y magnesio sobre las variables componentes del rendimiento en el banano (Musa AAA subgrupo Cavendish clon Gran Enano). Rev. Fac. Agron. (LUZ), 16 Supl. 1: 124-133, 1999.

MURE, V. Influence de L'orientation des rangs sur le microclimat et le developpement de cultures discontinues de maïs (*Zea mays* L.) en zone Tropicale. INRA – Ecole Supérieure d'Agromomie Tropicale de Montpellier, 48p., 1984.

NETO, F. S. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. EMBRAPA, Pesq. Agropec. Brasil., Brasília, v. 28, n.10 p. 1165-1171. out. 1993.

NOUVELLON, A . Redistribution de l'eau de pluie par le bananier: identification et quantification des principaux facteurs de variation. Institut d'Agro-Développement International – ISTOM, Cergy-Pontoise, França, memoire, 65p., 1999.

OLIVEIRA, F. J. de e ARAÚJO, J. F. Avaliação agro-econômica de sistemas consorciados e solteiro com culturas de caupi e milho. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v. 28, n. 2, 189-1996, fev., 1993.

PARNAUDEAU, Y.; BEAUDOIN, N.; MARY, B.; MAKOWSKI, D. & MEYNARD, J. M. Simulation de l'impact de diferents scenarios agronomiques sur les pertes de nitrate a l'échelle d'un bassin hydrologique. Paris, France, No prelo, 27 p. 2001.

PARNAUDEAU, Y.; BEAUDOIN, N.; MARY, B.; MAKOWSKI, D. & MEYNARD, J. M. Simulation de l'impact de diferents scenarios agronomiques sur les pertes de nitrate a l'échelle d'un bassin hydrologique. Paris, France, No prelo, 27 p. 2001.

PEPIN, R. Estabelecimiento de un método para estimar los requerimientos de encalados en suelos ferralíticos ácidos del Noreste de Basse-Trre (Guadalupe): confrontación a la Realidad de Prácticas Campesinas. Universite Antilles – Guyane – DAC, Guadalupe, 66p, 1991.

RAPHAEL, L. Estimation de la biomasse racinaire de plantes a partir de mesures capacitives. Univ. Nantes – Fac. des Sciences et Techniques / INRA – Centre Antilles-Guyane, Guadeloupe, 33p. 2001.

REINERT, D. J.. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: Dias, L.E.; Vargas, J.W.M. (eds) Recuperação de áreas degradadas. p.163-176, Soc. Bras. Recup. de Áreas Degradadas, Viçosa, 1998.

RODRÍGUEZ MARTÍNEZ, J. L.; RODRÍGUEZ SAAVEDRA, A.; BELALCÁZAR CARVAJAL, S. Importância Socioeconómica del Cultivo del Plátano en la Zona Central Cafetera (segunda versión) Oficina Regional de Planeación - Corpoica, Regional Nueve. Manizales, marzo 1998

RODRIGUEZ, V.; BAUTISTA, D.; RODRIGUEZ, O e DÍAZ, L. Relación entre el balance nutricional y la biometría del plátano (*Musa AAB* subgrupo plátano cv. Hartón) y su efecto sobre el rendimiento. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 16: 425-432, 1999.

RODRIGUEZ, V.; RODRIGUEZ, O e BRAVO, P. Índice de balance de nutrimentos para la predicción del rendimiento del plátano (*Musa AAB* subgrupo plátano cv. Hartón). Rev. Fac. Agron. (LUZ), 16: 488-494, 1999.

SEBILLOTTE, M. Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tanches de l'agronome. Cahiers de l'Orstom, série biologie, n. 24, 1974.

SILVA. M. L. N.; BLANCANEUX, P.; UMA, J. M. de; MARQUES, J. J. G. de S. E M.; CARVALHO, A M. de. Estabilidade e resistência de agregados de latossolo vermelho-escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. In: ANAIS DO XIII CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO SOLO, Águas de Lindóia, SP, agosto de 1997. Acessado no site 06.11.2001.

SONDAG, N. Contribution à l'étude d'indicateurs de estresse hydrique pour l'évaluation de l'alimentation en eau de bananiers issus de culture *in-vitro* (*Musa acuminata*, cv. Grande Naine). Université Catholique de Louvain, Faculte des Sciences Agronomiques – Unité des Sciences du Sol, mémoire, 80p., 1996.

TAYOT, X.; RUGET, F.; BOUTHIER, A; LOUGEOU, J.; LACROIX, B. & PONS, Y. STICS en Poitou-Charentes: Calibration et validation sur maïs et sorgho. Perspectives agricoles, n° 242, p. 86-95, jan. 1999.

VARGAS, M. S. V. Avaliação da contribuição da fixação biológica de nitrogênio em várias leguminosas forrageiras e transferência de nitrogênio para uma gramínea consorciada. Tese de Doutorado, UFRRJ, Itaguaí, RJ, 175p., 1991.

ANEXOS

ANEXO 01

A - Dados de validação do modelo STICS com a produção de matéria seca da bananeira.

Dias Julianos	Associação BA		monocultivo BP		Dias Julianos	Associação BA		monocultivo BP	
	mst/ha estimada	MST medida no campo	mst/ha estimada	MST medida no campo		mst/ha estimada	MST medida no campo	mst/ha estimada	MST medida no campo
1	0		0		55	0		0	
2	0		0		56	0		0	
3	0		0		57	0		0	
4	0		0		58	0		0	
5	0		0		59	0		0	
6	0		0		60	0		0	
7	0		0		61	0		0	
8	0		0		62	0		0	
9	0		0		63	0		0	
10	0		0		64	0		0	
11	0		0		65	0		0	
12	0		0		66	0		0	
13	0		0		67	0		0	
14	0		0		68	0		0	
15	0		0		69	0		0	
16	0		0		70	0		0	
17	0		0		71	0		0	
18	0		0		72	0		0	
19	0		0		73	0		0	
20	0		0		74	0		0	
21	0		0		75	0		0	
22	0		0		76	0		0,04	
23	0		0		77	0		0,07	
24	0		0		78	0		0,1	
25	0		0		79	0		0,13	
26	0		0		80	0		0,16	
27	0		0		81	0		0,19	
28	0		0		82	0		0,23	
29	0		0		83	0		0,28	
30	0		0		84	0		0,32	
31	0		0		85	0		0,35	
32	0		0		86	0		0,4	
33	0		0		87	0		0,45	
34	0		0		88	0		0,49	
35	0		0		89	0		0,53	
36	0		0		90	0,04		0,58	
37	0		0		91	0,08		0,64	
38	0		0		92	0,1		0,67	
39	0		0		93	0,13		0,71	
40	0	0,0400	0	0,04	94	0,17		0,76	
41	0		0		95	0,2		0,79	
42	0		0		96	0,23		0,84	
43	0		0		97	0,26		0,88	
44	0		0		98	0,3		0,93	
45	0		0		99	0,35		0,98	
46	0		0		100	0,38	0,45	1,03	0,44
47	0		0		101	0,41		1,07	
48	0		0		102	0,45		1,11	
49	0		0		103	0,49		1,16	
50	0		0		104	0,53		1,21	
51	0		0		105	0,56		1,25	
52	0		0		106	0,59		1,29	
53	0		0		107	0,62		1,32	
54	0		0		108	0,65		1,36	
					109	0,69		1,41	

B - Dados de validação do modelo STICS sobre o IAF da bananeira.

Dias Julianos	associação BA		monocultivo BP		Dias Julianos	associação BA		monocultivo BP	
	IAF estim	IAF BP medido	IAF estim	IAF BP medido		IAF estim	IAF BP medido	IAF estim	IAF BP medido
1	0		0		62	0,39		0,72	
2	0		0		63	0,42		0,74	
3	0		0		64	0,44		0,76	
4	0		0		65	0,47		0,78	
5	0		0		66	0,49		0,8	
6	0		0		67	0,52		0,82	
7	0		0		68	0,56	0,06	0,85	0,05
8	0		0		69	0,59		0,87	
9	0		0		70	0,63		0,89	
10	0		0		71	0,66		0,91	
11	0		0		72	0,67		0,93	
12	0		0		73	0,71		0,95	
13	0		0		74	0,75		0,97	
14	0		0,1		75	0,77	0,072	0,99	0,1
15	0		0,1		76	0,81		1,01	
16	0		0,1		77	0,85		1,04	
17	0		0,1		78	0,88		1,06	
18	0,01		0,11		79	0,92		1,09	
19	0,02		0,11		80	0,95		1,11	
20	0,03		0,13		81	0,99		1,14	
21	0,04		0,14		82	1,02	0,092	1,16	0,1
22	0,04		0,16		83	1,05		1,19	
23	0,04		0,17		84	1,09		1,22	
24	0,04		0,19		85	1,12		1,25	
25	0,05		0,2		86	1,15		1,27	
26	0,05		0,22		87	1,18		1,3	
27	0,05		0,23		88	1,21		1,32	
28	0,06		0,25		89	1,24	0,125	1,35	0,1
29	0,06		0,26		90	1,26		1,37	
30	0,07		0,28		91	1,29		1,4	
31	0,07		0,29		92	1,31		1,43	
32	0,08		0,31		93	1,34		1,45	
33	0,08		0,32		94	1,37		1,48	
34	0,08		0,33		95	1,4		1,51	
35	0,09		0,34		96	1,43	0,144	1,54	0,2
36	0,09		0,35		97	1,46		1,57	
37	0,1		0,36		98	1,46		1,59	
38	0,1		0,37		99	1,46		1,62	
39	0,11		0,38		100	1,46		1,62	
40	0,11		0,39		101	1,46		1,62	
41	0,12		0,4		102	1,46		1,62	
42	0,14		0,42		103	1,46	0,187	1,62	0,2
43	0,14		0,43		104	1,46		1,62	
44	0,15		0,45		105	1,46		1,62	
45	0,15		0,45		106	1,46		1,62	
46	0,16		0,46		107	1,46		1,62	
47	0,17		0,48		108	1,46		1,62	
48	0,18		0,49		109	1,46		1,62	
49	0,2		0,51		110	1,46	0,234	1,62	0,2
50	0,21		0,52		111	1,46		1,62	
51	0,23		0,54		112	1,46		1,62	
52	0,24		0,55		113	1,46		1,62	
53	0,25		0,57		114	1,46		1,62	
54	0,27		0,59		115	1,46		1,62	
55	0,28		0,6		116	1,46		1,62	
56	0,29		0,61		117	1,46	0,297	1,62	0,3
57	0,31		0,63		118	1,46		1,62	
58	0,32		0,65		119	1,46		1,62	

C - Dados de validação do modelo STICS sobre a altura da bananeira.

Dias Julianos	associação BA		monocultivo BP		Dias Julianos	associação BA		monocultivo BP	
	Altura estim. (m)	Altura BP medida (m)	Altura estim. (m)	Altura BP medida (m)		Altura estim. (m)	Altura BP medida (m)	Altura estim. (m)	Altura BP medida (m)
1	0		0		55	0,9		1,18	
2	0		0		56	0,91		1,19	
3	0		0		57	0,93		1,2	
4	0		0		58	0,94		1,21	
5	0		0		59	0,96		1,22	
6	0		0		60	0,97		1,23	
7	0		0		61	0,99		1,25	
8	0		0		62	1,01		1,26	
9	0		0		63	1,03		1,27	
10	0		0		64	1,05		1,29	
11	0		0		65	1,07		1,3	
12	0		0		66	1,09		1,31	
13	0		0		67	1,12		1,33	
14	0,31		0,66		68	1,14	0,254	1,34	0,268
15	0,32		0,66		69	1,17		1,35	
16	0,33		0,66		70	1,2		1,37	
17	0,36		0,66		71	1,22		1,38	
18	0,39		0,67		72	1,23		1,39	
19	0,44		0,68		73	1,25		1,4	
20	0,51		0,7		74	1,28		1,41	
21	0,52		0,72		75	1,3	0,29	1,43	0,30
22	0,53		0,75		76	1,32		1,44	
23	0,53		0,77		77	1,34		1,45	
24	0,54		0,79		78	1,36		1,47	
25	0,55		0,81		79	1,38		1,48	
26	0,55		0,83		80	1,4		1,49	
27	0,56		0,85		81	1,42		1,51	
28	0,57		0,87		82	1,44	0,33	1,52	0,35
29	0,58		0,88		83	1,46		1,53	
30	0,59		0,9		84	1,48		1,55	
31	0,6		0,91		85	1,5		1,56	
32	0,61		0,93		86	1,51		1,58	
33	0,62		0,94		87	1,53		1,59	
34	0,62		0,95		88	1,54		1,6	
35	0,63		0,96		89	1,56	0,37	1,61	0,40
36	0,64		0,97		90	1,57		1,63	
37	0,66		0,98		91	1,58		1,64	
38	0,67		0,99		92	1,6		1,65	
39	0,67		0,99		93	1,61		1,66	
40	0,68		1,01		94	1,62		1,68	
41	0,7		1,02		95	1,64		1,69	
42	0,72		1,03		96	1,65	0,39	1,7	0,42
43	0,73		1,04		97	1,67		1,72	
44	0,74		1,06		98	1,67		1,73	
45	0,74		1,06		99	1,67		1,74	
46	0,75		1,07		100	1,67		1,74	
47	0,77		1,08		101	1,67		1,74	
48	0,79		1,09		102	1,67		1,74	
49	0,8		1,11		103	1,67	0,45	1,74	0,48
50	0,82		1,12		104	1,67		1,74	
51	0,84		1,13		105	1,67		1,74	
52	0,86		1,14		106	1,67		1,74	
53	0,87		1,15		107	1,67		1,74	
54	0,89		1,17		108	1,67		1,74	
					109	1,67		1,74	
					110	1,67	0,56	1,74	0,55

ANEXO 02

Resultados da modelização dos sistema de cultivo estudados

A – Balanço da simulação STICS 4.0, modelo do monocultivo da banana sem irrigação e adubação nitrogenada

Bilan de la simulation STICS 4.0, modèle culture

1. DONNEES d'ENTREE

Fichier climatique : banane0j.05
 Fichier techniques culturales : banpur.tec
 Fichier plante : ..\banane.plt groupe variétal: 1
 Valeurs initiales du sol : Ferralitique

eau (% sol sec)	NO3 (kg/ha)	NH4 (kg/ha)
41.0	.0	.0
41.0	.0	.0
41.0	.0	.0
42.0	.0	.0
42.0	.0	.0

Début de simulation : 1-jan-2005 jour 1
 Fin de simulation : 31-dec-2005 jour 365 (ou 365)

Irrigation: Nombre d'arrosages= 0

Fertilisation: Nombre d'apports= 0

Résidus organiques et/ou travail du sol
 Aucun apport, aucun travail du sol

2. DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE

unité de développement : thermique
 température considérée : température de culture

stade	date	unités	unités cumulées d epuis le semis
-----	-----	-----	-----
sowing	13-jan-2005	0.	0.
stades végétatifs			
lev calcul.	14-jan-2005	14.	14.
amf calcul.	21-jan-2005	104.	118.
lax calcul.	10-avr-2005	984.	1102.
sen calcul.	2-sep-2005	1551.	2653.
lan calcul.	7-sep-2005	61.	2714.
stades remplissage			
drp calcul.	19-jun-2005	1848.	1848.
mat calcul.	10-sep-2005	908.	2756.
rec calcul.	10-sep-2005	0.	2756.

durée du cycle 240 jours

3. CROISSANCE ET COMPOSANTES DU RENDEMENT

Biomasse aérienne (0 %) = 8.61 t/ha
 Rendement grains,fruits, (0 %) = 4.30 t/ha
 Rendement grains,fruits, (78.%) = 19.60 t/ha
 Nombre de grains,fruits, = 29. /m2
 Densité de plantes = .2 /m2
 Poids du grain,fruit, (frais) = 68.130 g
 Vit. de croissance (phase latence)= 5.68 mg/m2/j
 Biomasse aérienne sénescence (0 %)= .00 t/ha

Quantité N dans la culture = 98. kg/ha
 Quantité N dans les grains,fruits, = 33. kg/ha
 Teneur en [N] plante entière = 1.02 %
 Teneur en [N] grains,fruits, = .68 %

Résidus pour la culture suivante : aucun
 quantité = .0 t/ha C/N = 0.

4. BILANS EAU et AZOTE sur le cycle de culture

Somme ETM = 720. mm
 Somme ETR = 684. mm
 Somme ES = 464. mm
 Somme TR = 221. mm
 Somme P = 1418. mm

Réserve en eau maximale utilisée = 96. mm
 Front racinaire maxi à = 59. cm

Indices moyens de STRESS : swfac turfacs inns tcult-tair
 phase végétative (lev-drp) 1.00 1.00 .73 .20
 phase reproductrice (drp-mat) .83 .79 .76 .33

5. BILANS EAU et AZOTE sur toute la période de simulation (365 jours)

Jours normalisés à 15.°C Humus:1069. Résidus: 0.

ENTREES		SORTIES	
EAU (mm)			
pluie	2386.	évaporation	895.
irrigation	0.	transpiration	221.
		drainage	1117.
		ruissellement	0.
		interception feuille	157.
		interception mulch	0.
		irrigat non efficace	0.
Stock eau initial	677.	Stock eau final	677.
-----		-----	
TOTAL	3063.	TOTAL	3067.

AZOTE (kg/ha)

pluie	48.	exportation culture	98.
-------	-----	---------------------	-----

irrigation	0.	restitution culture	0.
engrais	0.	lixiviation	94.
fixation symbiot.	0.	organisation engrais	0.
minéralis. humus	296.	volat+dénit. engrais	0.
minéralis. résidus	0.	volat. amendements	0.
N plante initial	4.		
NO3 sol initial	0.	NO3 sol final	155.
NH4 sol initial	0.	NH4 sol final	0.
-----		-----	
TOTAL	347.	TOTAL	347.

B – Bilanço da simulação STICS 4.0, modelo da asociação entre banana e feijão-de-porco, sem irrigação e adubação nitrogenada

Bilan de la simulation STICS 4.0, modèle culture

1. DONNEES d'ENTREE

Fichier climatique : banane0j.05
 Fichier techniques culturales : banass.tec
 Fichier plante : ../banane.plt groupe variétal: 1
 Valeurs initiales du sol : Ferralitique

eau (% sol sec)	NO3 (kg/ha)	NH4 (kg/ha)
41.0	9.0	.0
41.0	.0	.0
41.0	.0	.0
42.0	.0	.0
42.0	.0	.0

Début de simulation : 1-jan-2005 jour 1
 Fin de simulation : 31-dec-2005 jour 365 (ou 365)

Irrigation: Nombre d'arrosages= 0

Fertilisation: Nombre d'apports= 0

Résidus organiques et/ou travail du sol
 Aucun apport, aucun travail du sol

2. DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE

unité de développement : thermique
 température considérée : température de culture

stade	date	unités	unités cumulées d epuis le semis
-----	-----	-----	-----
sowing	13-jan-2005	0.	0.
stades végétatifs			
lev calcul.	14-jan-2005	14.	14.
amf calcul.	21-jan-2005	105.	119.

lax calcul.	10-avr-2005	990.	1109.
sen calcul.	3-sep-2005	1555.	2664.
lan calcul.	8-sep-2005	63.	2726.
stades remplissage			
drp calcul.	18-jun-2005	1841.	1841.
mat calcul.	9-sep-2005	901.	2741.
rec calcul.	9-sep-2005	0.	2741.

durée du cycle 239 jours

3. CROISSANCE ET COMPOSANTES DU RENDEMENT

Biomasse aérienne (0 %) = 7.12 t/ha
 Rendement grains,fruits, (0 %) = 3.56 t/ha
 Rendement grains,fruits, (78.%) = 16.01 t/ha
 Nombre de grains,fruits, = 28. /m2
 Densité de plantes = .2 /m2
 Poids du grain,fruit, (frais) = 56.990 g
 Vit. de croissance (phase latence)= 4.88 mg/m2/j
 Biomasse aérienne sénescence (0 %)= .00 t/ha

Quantité N dans la culture = 90. kg/ha
 Quantité N dans les grains,fruits, = 30. kg/ha
 Teneur en [N] plante entière = 1.11 %
 Teneur en [N] grains,fruits, = .74 %

Résidu pour la culture suivante : aucun
 quantité = .0 t/ha C/N = 0.

4. BILANS EAU et AZOTE sur le cycle de culture

Somme ETM = 692. mm
 Somme ETR = 630. mm
 Somme ES = 457. mm
 Somme TR = 173. mm
 Somme P = 1398. mm

Réserve en eau maximale utilisée = 99. mm

Front racinaire maxi à = 130. cm

Indices moyens de STRESS : swfac turfac inns tcult-tair
 phase végétative (lev-drp) 1.00 1.00 .84 .22
 phase reproductrice (drp-mat) .85 .81 .79 .25

5. BILANS EAU et AZOTE sur toute la période de simulation (365 jours)

Jours normalisés à 15.°C Humus:1200. Résidus: 0.

ENTREES		SORTIES	
EAU (mm)			
		évaporation	894.
pluie	2386.	transpiration	173.
irrigation	0.	drainage	1080.

		ruissellement	0.
		interception feuille	0.
		interception mulch	0.
		irrigat non efficace	0.
Stock eau initial	677.	Stock eau final	677.
-----		-----	
TOTAL	3063.	TOTAL	2824.

AZOTE (kg/ha)

pluie	48.	exportation culture	90.
irrigation	0.	restitution culture	0.
engrais	0.	lixiviation	66.
fixation symbiot.	0.	organisation engrais	0.
minéralis. humus	331.	volat+dénit. engrais	0.
minéralis. résidus	0.	volat. amendements	0.
N plante initial	0.		
NO3 sol initial	9.	NO3 sol final	177.
NH4 sol initial	0.	NH4 sol final	0.
-----		-----	
TOTAL	388.	TOTAL	332.

C – Bilanço da simulação STICS 4.0, modelo do monocultivo da banana com irrigação e adubação nitrogenada.

Bilan de la simulation STICS 4.0, modèle culture

1. DONNEES d'ENTREE

Fichier climatique : banane0j.05
 Fichier techniques culturales : banpur.tec
 Fichier plante : ..\banane.plt groupe variétal: 1
 Valeurs initiales du sol : Ferralitique

eau (% sol sec)	NO3 (kg/ha)	NH4 (kg/ha)
41.0	.0	.0
41.0	.0	.0
41.0	.0	.0
42.0	.0	.0
42.0	.0	.0

Début de simulation : 1-jan-2005 jour 1
 Fin de simulation : 31-dec-2005 jour 365 (ou 365)

Irrigation: Nombre d'arrosages= 7

date des arrosages dose (mm)

-----	-----
13-jan-2005	13.
28-jun-2005	20.
7-aou-2005	20.
12-aou-2005	20.
17-aou-2005	20.
25-aou-2005	20.
26-aou-2005	20.

Quantité totale apportée: 133. mm

Fertilisation: Nombre d'apports=20
date des apports N dose (kg N/ha)

-----	-----
22-jan-2005	20.
29-jan-2005	20.
31-jan-2005	20.
2-fev-2005	20.
6-fev-2005	20.
8-fev-2005	20.
12-fev-2005	20.
14-fev-2005	20.
23-fev-2005	20.
25-fev-2005	20.
27-fev-2005	20.
1-mar-2005	20.
12-mar-2005	20.
15-jul-2005	20.
7-aou-2005	20.
12-aou-2005	20.
17-aou-2005	20.
25-aou-2005	20.
28-aou-2005	20.
30-aou-2005	20.

Quantité totale apportée: 400.

Résidus organiques et/ou travail du sol
Aucun apport, aucun travail du sol

2. DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE

unité de développement : thermique
température considérée : température de culture

-----	-----	-----	-----
stade	date	unités	unités cumulées d epuis le semis
sowing	13-jan-2005	0.	0.
stades végétatifs			
lev calcul.	14-jan-2005	14.	14.
amf calcul.	21-jan-2005	102.	115.
lax calcul.	10-avr-2005	981.	1097.
sen calcul.	4-sep-2005	1550.	2647.
lan calcul.	9-sep-2005	64.	2712.
stades remplissage			
drp calcul.	19-jun-2005	1840.	1840.
mat calcul.	12-sep-2005	909.	2748.
rec calcul.	12-sep-2005	0.	2748.

durée du cycle 242 jours

3. CROISSANCE ET COMPOSANTES DU RENDEMENT

Biomasse aérienne (0 %) = 12.36 t/ha
 Rendement grains,fruits, (0 %) = 6.18 t/ha
 Rendement grains,fruits, (78.%) = 28.10 t/ha
 Nombre de grains,fruits, = 30. /m2
 Densité de plantes = .2 /m2
 Poids du grain,fruit, (frais) = 94.384 g
 Vit. de croissance (phase latence)= 6.86 mg/m2/j
 Biomasse aérienne sénescente (0 %)= .00 t/ha

Quantité N dans la culture = 145. kg/ha
 Quantité N dans les grains,fruits, = 48. kg/ha
 Teneur en [N] plante entière = 1.09 %
 Teneur en [N] grains,fruits, = .72 %

Résidus pour la culture suivante : aucun
 quantité = .0 t/ha C/N = 0.

4. BILANS EAU et AZOTE sur le cycle de culture

Somme ETM = 746. mm
 Somme ETR = 730. mm
 Somme ES = 465. mm
 Somme TR = 265. mm
 Somme P = 1514. mm

Réserve en eau maximale utilisée = 79. mm
 Front racinaire maxi à = 59. cm

Indices moyens de STRESS : swfac turfacs inns tcult-tair
 phase végétative (lev-drp) 1.00 1.00 .89 .15
 phase reproductrice (drp-mat) .93 .90 .92 .05

5. BILANS EAU et AZOTE sur toute la période de simulation (365 jours)

Jours normalisés à 15.°C Humus:1124. Résidus: 0.

ENTREES		SORTIES	
EAU (mm)			
		évaporation	892.
pluie	2386.	transpiration	265.
irrigation	133.	drainage	1166.
		ruissellement	0.
		interception feuille	204.
		interception mulch	0.
		irrigat non efficace	0.
Stock eau initial	677.	Stock eau final	677.
-----		-----	
TOTAL	3195.	TOTAL	3203.

AZOTE (kg/ha)

pluie	48.	exportation culture	145.
irrigation	0.	restitution culture	0.
engrais	400.	lixiviation	317.

fixation symbiot.	0.	organisation engrais	0.
minéralis. humus	311.	volat+dénit. engrais	0.
minéralis. résidus	0.	volat. amendements	0.
N plante initial	4.		
NO3 sol initial	0.	NO3 sol final	300.
NH4 sol initial	0.	NH4 sol final	0.
-----		-----	
TOTAL	762.	TOTAL	762.

D – Bilanço da simulação STICS 4.0, modelo da associação entre banana e feijão-de-porco, com irrigação e adubação nitrogenada.

Bilan de la simulation STICS 4.0, modèle culture

1. DONNEES d'ENTREE

Fichier climatique : banane0j.05
 Fichier techniques culturales : banass.tec
 Fichier plante : ../banane.plt groupe variétal: 1
 Valeurs initiales du sol : Ferralitique

eau (% sol sec)	NO3 (kg/ha)	NH4 (kg/ha)
41.0	50.0	.0
41.0	50.0	.0
41.0	.0	.0
42.0	.0	.0
42.0	.0	.0

Début de simulation : 1-jan-2005 jour 1
 Fin de simulation : 31-dec-2005 jour 365 (ou 365)

Irrigation: Nombre d'arrosages= 7
 date des arrosages dose (mm)

-----	-----
13-jan-2005	13.
4-jul-2005	20.
7-aou-2005	20.
12-aou-2005	20.
17-aou-2005	20.
25-aou-2005	20.
26-aou-2005	20.

Quantité totale apportée: 133. mm

Fertilisation: Nombre d'apports= 0

Résidus organiques et/ou travail du sol
 Aucun apport, aucun travail du sol

2. DEVELOPPEMENT DE LA CULTURE

unité de développement : thermique
 température considérée : température de culture

stade	date	unités	unités cumulées d epuis le semis
sowing	13-jan-2005	0.	0.
stades végétatifs			
lev calcul.	14-jan-2005	14.	14.
amf calcul.	21-jan-2005	104.	117.
lax calcul.	8-avr-2005	982.	1100.
sen calcul.	1-sep-2005	1558.	2657.
lan calcul.	6-sep-2005	62.	2719.
stades remplissage			
drp calcul.	17-jun-2005	1844.	1844.
mat calcul.	8-sep-2005	904.	2747.
rec calcul.	8-sep-2005	0.	2747.

durée du cycle 238 jours

3. CROISSANCE ET COMPOSANTES DU RENDEMENT

Biomasse aérienne (0 %) = 7.21 t/ha
Rendement grains,fruits, (0 %) = 3.60 t/ha
Rendement grains,fruits, (78.%) = 16.21 t/ha
Nombre de grains,fruits, = 28. /m2
Densité de plantes = .2 /m2
Poids du grain,fruit, (frais) = 57.675 g
Vit. de croissance (phase latence)= 4.91 mg/m2/j
Biomasse aérienne sénescente (0 %)= .00 t/ha

Quantité N dans la culture = 98. kg/ha
Quantité N dans les grains,fruits, = 33. kg/ha
Teneur en [N] plante entière = 1.19 %
Teneur en [N] grains,fruits, = .79 %

Résidus pour la culture suivante : aucun
quantité = .0 t/ha C/N = 0.

4. BILANS EAU et AZOTE sur le cycle de culture

Somme ETM = 673. mm
Somme ETR = 617. mm
Somme ES = 460. mm
Somme TR = 156. mm
Somme P = 1416. mm

Réserve en eau maximale utilisée = 97. mm
Front racinaire maxi à = 132. cm

Indices moyens de STRESS : swfac turfacs inns tcult-tair
phase végétative (lev-drp) 1.00 1.00 .98 .31
phase reproductrice (drp-mat) .86 .83 .85 .35

5. BILANS EAU et AZOTE sur toute la période de simulation (365 jours)

Jours normalisés à 15.°C Humus:1264. Résidus: 0.

ENTREES		SORTIES	
EAU (mm)			
		évaporation	895.
pluie	2386.	transpiration	156.
irrigation	133.	drainage	1119.
		ruissellement	0.
		interception feuille	0.
		interception mulch	0.
		irrigat non efficace	0.
Stock eau initial	677.	Stock eau final	677.
-----		-----	
TOTAL	3195.	TOTAL	2848.

AZOTE (kg/ha)

pluie	48.	exportation culture	98.
irrigation	0.	restitution culture	0.
engrais	0.	lixiviation	152.
fixation symbiot.	0.	organisation engrais	0.
minéralis. humus	348.	volat+dénit. engrais	0.
minéralis. résidus	0.	volat. amendements	0.
N plante initial	0.		
NO3 sol initial	100.	NO3 sol final	186.
NH4 sol initial	0.	NH4 sol final	0.
-----		-----	
TOTAL	496.	TOTAL	436.
