

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO FAÉ, CEARÁ, A PARTIR DE ANÁLISE MULTIVARIADA¹

FERNANDO BEZERRA LOPES^{2*}, EUNICE MAIA DE ANDRADE³, LUCIO JOSÉ DE OLIVEIRA⁴, FRANCISCO JOSÉ FIRMINO CANAFÍSTULA⁵, ROGÉRIO BARBOSA SOARES⁶

RESUMO – Neste trabalho, empregou-se a técnica da Análise da Componente Principal com o objetivo de identificar os fatores determinantes da sustentabilidade dos produtores da bacia hidrográfica do riacho Faé, Ceará. A análise de campo foi realizada em setembro de 2006, com a aplicação de questionário a 237 produtores. Pelo emprego da análise fatorial pelo método das componentes principais AF/ACP identificou-se que o modelo de melhor ajuste para expressar a sustentabilidade da bacia hidrográfica do riacho Faé foi aquele composto por seis fatores, explicando 80,25% da variância total, antes dissolvida em 12 dimensões. O primeiro fator explicou 21,73% da variância total e está relacionado com a saúde dos usuários da bacia do riacho Faé. O segundo e terceiro fatores apresentaram estreita relação com a cobertura vegetal do solo e manejo da irrigação, respondendo por 15,57 e 14,82% da variância total, respectivamente. O quarto fator, explicando 10,18% da variância total, apresenta-se como um indicador da conservação da água. Os dois fatores restantes explicam, conjuntamente, 17,95% da variância total e expressam a organização familiar e técnicas de produção agrícola da região, respectivamente. Os fatores determinantes da sustentabilidade dos produtores foram definidos principalmente por indicadores de saúde, de conservação da cobertura vegetal e da irrigação, expressando a necessidade de cursos práticos, palestras e da ação da extensão rural, onde o agricultor aprenda as técnicas de produção agrícola fazendo.

Palavras-chave: Análise fatorial. Agricultura sustentável. Degradação ambiental.

SUSTAINABILITY INDICATORS OF THE FAÉ WATERSHED, CEARÁ, BRAZIL, USING MULTIVARIATE ANALYSIS

ABSTRACT - This work aimed to identify the sustainability indicators of the producers in the river Faé, Ceará, watershed. The field analysis was carried out in September 2006, with the application of cross-over forms to the 237 small producers. Through the employment of the Factor Analysis/Principal Component Analysis AF/ACP it was identified that the model of better adjustment to express the sustainability of the watershed Faé was that composed of six factors, explaining 80.25% of the total variance, dissolved before in 12 dimensions. The first factor explained 21.73% of the total variance and it is related with the health of the farmers. The second and third factors presented a close relation with the soil vegetation cover and the irrigation management, responding for 15.57% and 14.82% of the total variance, respectively. The fourth factor, explaining 10.18% of the total variance, presents itself as an indicator of the water preservation. The both remaining factor explain, together, 17.95% of the total variation and express the family organization and the agricultural production techniques of the region, respectively. The sustainability of the producers was determined mainly by the health, vegetation coverage conservation and irrigation indicators, expressing the need of practical courses and the action of the rural extension, where the producer will learn agricultural production techniques by doing them.

Keywords: Factor Analysis. Sustainable agriculture. Environmental impacts.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 29/03/2010; aceito em 20/08/2010.

Parte da Dissertação do terceiro autor apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC

²Doutorando em Eng. Agrícola, Dep. Eng. Agrícola/UFC, Caixa Postal 6003, 60.455-970, Fortaleza - CE, Bolsista da CAPES; lo-pesfb@yahoo.com.br

³Eng^a. Agr^a, Ph.D., Prof^a. Associada do Dep. Eng. Agrícola/UFC, Fortaleza - CE; eandrade@pq.cnpq.br

⁴M.Sc. em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Prof^o do IFCE, Campus de Iguatu, Rodovia Iguatu/Várzea Alegre, Km 05, s/n, 63.500-000, Sítio Cajazeiras - CE; lujoliveira@yahoo.com.br

⁵Doutorando em Eng. Agrícola, Dep. Eng. Agrícola/UFC; firmino@ufc.br

⁶Eng^o. Agrônomo, Doutorando em Eng. Agrícola, Dep. Eng. Agrícola/UFC e Técnico do IPECE; rogerio.soares@ipece.ce.gov.br

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios enfrentados na quantificação ou qualificação da sustentabilidade é a elaboração de metodologias adequadas que permitam avaliar a sustentabilidade de diferentes projetos, tecnologias ou agroecossistemas em situações concretas (MASERA et al., 1999). Este desafio tem como uma das suas causas a necessidade de questionamento das formas convencionais de se avaliar os sistemas de manejo de recursos naturais (LOPES et al., 2009a).

A sustentabilidade dos projetos agrícolas depende do uso da terra, da geologia, da disponibilidade hídrica, da drenagem natural do solo, das condições climáticas locais, da comercialização e do nível educacional dos agricultores, entre outros. Estudos mostram a estreita dependência entre o desenvolvimento de uma região e o nível educacional da população (SOUZA et al., 2001; LACERDA; OLIVEIRA, 2007; LOPES et al., 2009b).

Embora a sustentabilidade seja vista como um tema de primordial importância para a vida do planeta, a agricultura sustentável continua com uma concepção não muito clara. A complexidade deste sistema, em decorrência da sua característica multivariada torna difícil estabelecer um indicador padrão de sustentabilidade para um projeto agrícola (ANDRADE et al., 2009a; ANDRADE et al., 2009b). Sustentabilidade que, neste caso, não implica necessariamente na criação de práticas comuns a toda agricultura desenvolvida no mundo, mas sim, que sejam avaliadas as limitações e aptidões dos recursos naturais de cada região (LOPES et al., 2009b).

No dias atuais muitos são os pesquisadores que vêm empregando a Análise da Componente Principal em estudos de processos multivariados na busca de redução das variáveis sem perda da explicabilidade da variância dos dados (CARNEIRO NETO et al., 2008; PALÁCIO et al., 2008). O método das componentes principais é um dos mais usados para resolver problemas clássicos de análise fatorial. Essa análise permite a redução da dimensão de dados bem como os fatores determinantes da variância, facilitando a extração de informações que serão de grande relevância na avaliação da sustentabilidade dos produtores (MARZALL; ALMEIDA, 1998; GIRÃO et al., 2007).

No presente trabalho, empregou-se a técnica da Análise da Componente Principal com o objetivo de identificar a estrutura multivariada da sustentabilidade dos produtores da bacia hidrográfica do riacho Faé, Ceará, bem como os fatores determinantes da mesma.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se localiza na parte baixa da bacia hidrográfica do riacho Faé. Este riacho é um

tributário da margem esquerda do açude Orós, que faz parte do sistema de abastecimento de água do Médio, Baixo Jaguaribe e região Metropolitana de Fortaleza. O riacho Faé também integra a rede de drenagem da bacia do Alto Jaguaribe, localizada na porção meridional do Estado do Ceará (Figura 1). Conforme a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo BSw'h', semiárido quente com precipitações máximas de outono, e temperatura média mensal sempre superior a 18 °C; a evaporação medida através de Tanque Classe A, está em torno dos 2.943 mm.ano⁻¹; a umidade relativa do ar 66,1%, com ventos a uma velocidade de 1,8 m.s⁻¹ e insolação de 2.945 h.ano⁻¹ (PALÁCIO et al., 2008).

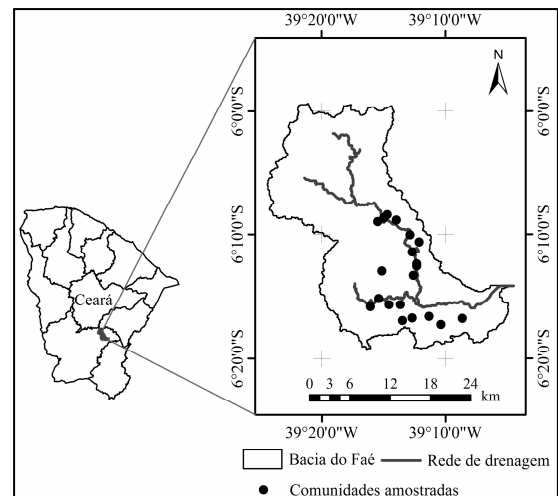


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Para o cálculo amostral, utilizou-se a técnica probabilística em que todos os elementos da população têm igual probabilidade, diferente de zero, de serem selecionados para compor a amostra. Considerando a população total (N) de 1.861 usuários, um erro amostral (d) definido em 5%, o nível de confiança de 95%, com desvio padrão (Z) igual a 1,96 e os percentuais dos elementos favoráveis (p) e desfavoráveis (q) da amostra ao atributo pesquisado estimados em 50% respectivamente, o tamanho da amostra foi calculado através da equação 1, apresentada por Fonseca e Martins (1996):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{d^2(N-1) + Z^2 pq} \quad (1)$$

Assim, a amostra calculada foi composta por 91,37 \approx 92 produtores, porém foram aplicados 237 questionários para representar melhor a bacia em estudo, em virtude da facilidade da aplicação dos mesmos aos agricultores e disponibilidade de tempo da equipe de campo. A análise de campo foi realizada em setembro de 2006.

Para se traçar o perfil dos usuários da bacia do riacho Faé aplicou-se questionários do padrão *cross-section*, aos produtores, com perguntas abertas e fechadas obtendo respostas diretas, de forma a

padronizar os dados. Foram realizadas 51 perguntas onde se abordou os aspectos: sócio-econômico, envolvendo idade, grau de instrução, renda familiar e situação fundiária; agrônômicos, no que tange a uso de irrigação, método de irrigação, manejo do solo e uso de agrotóxicos e ambientais, relativos a fonte d'água para consumo humano e ao uso de agrotóxicos em relação aos cuidados durante o uso, destino das embalagens vazias ocorrência de intoxicação e de óbitos, desmatamento e destino do esgoto domiciliar.

Um instrumento (teste, questionário) possui validade de conteúdo se os itens que o constituem são representativos do universo que ele pretende representar. A validade de conteúdo é estabelecida através de uma análise do instrumento e do confronto dos itens com os pressupostos (teoria) que lhe deram origem. Portanto, entende-se por escore a atribuição de valores numéricos aos referidos itens, que somados darão origem a um escore total por indivíduo que, por sua vez, constitui-se numa medida de conhecimento (construto), tornando-se uma variável compósita, contendo componentes que são os escores nos itens, que finalmente fará parte da matriz representativa da realidade em estudo (GRINGS et al., 2006). Portanto, neste estudo, para transpor as variáveis qualitativas em quantitativas foram estabelecidos os valores presentes na Tabela 1 para as respostas dadas pelos usuários da bacia do Faé às questões aplicadas.

Tabela 1. Valor dos escores para as variáveis consideradas neste estudo para bacia do Faé, CE.

Valor	Resposta
0,0	Extremamente desfavorável
0,5	Intermediariamente desfavorável
1,0	Intermediariamente favorável
1,5	Extremamente favorável

Fonte: Adaptado de Lopes et al., (2009a)

A tipificação dos produtores da área em estudo foi definida mediante a análise fatorial pelo método das componentes principais (AF/ACP). Para a análise dos dados foi utilizado o SPSS 16.0, por apresentar bastante versatilidade no manuseio das operações necessárias à obtenção de componentes principais, contando inclusive com o tratamento prévio de padronização e escalonamento dos dados. Neste estudo, a adequabilidade dos dados foi aferida pelo teste Kayser Mayer Olkim (KMO). Esse teste compara a magnitude dos coeficientes de correlação observados com os coeficientes de correlação parcial. Maiores informações podem ser obtidas em Corrar et al. (2009). Na análise fatorial, o primeiro fator extraído representa a combinação linear com variância máxima existente na amostra; o segundo, a combinação linear com a máxima variância remanescente; e assim sucessivamente. O número de fatores

extraídos foi definido pelo critério das raízes características, onde se consideram somente componentes com autovalor superior a um, ou seja, que o fator deve explicar uma variância superior àquela apresentada por uma simples variável (CORRAR et al., 2009). A correlação de cada variável com os fatores é expressa, em termos algébricos, por:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n + e \quad (2)$$

em que, cada variável observada ($X_1, X_2 \dots X_n$) expressa a combinação linear dos fatores, mais um termo residual (e) que representa a parte não explicada pelos fatores. Os fatores (F_i), por sua vez, são combinados por meio das cargas fatoriais, representadas pelas constantes "a".

Para facilitar a interpretação dos fatores extraídos, utilizou-se o procedimento de transformação ortogonal (Varimax), ou simplesmente rotação da matriz das cargas fatoriais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil dos agricultores da bacia hidrográfica do riacho Faé é apresentado na Tabela 2, com as frequências absolutas dos indicadores de sustentabilidade da parte baixa da bacia do riacho Faé, Ceará. Observa-se que 23% dos usuários são analfabetos, 30% são alfabetizados e 30% não concluíram o ensino fundamental, ou seja, 83% dos usuários apresentam baixa ou nenhuma escolaridade. A baixa escolaridade expressa a pouca eficácia das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento humano, uma vez que o baixo nível educacional é um fator limitante de alcance às informações, comunicação, capital humano e social, adoção de tecnologias e desenvolvimento (LACERDA; OLIVEIRA, 2007; LOPES et al., 2009a).

Observa-se na Tabela 2, que 89% dos produtores declararam que a principal ocupação é a agricultura; 73% com propriedades de tamanho de até um hectare; 86% com área cultivada de até um hectare; 43% cultivam arroz, feijão e milho; 39% dos cultivos são localizados no leito do rio; 48% são arrendatários e para 61% dos produtores a renda familiar é de até um salário mínimo.

Santos e Azevedo (2009), estudando o perfil sócio-econômico de produtores de leite do Estado da Paraíba, Brasil, encontraram resultados semelhantes em relação à principal fonte de renda dos produtores que é a propriedade rural, e resultados diferentes em relação à situação da terra, sendo que 72,7% dos produtores são proprietários da terra e para 54,6% deles, o tamanho da propriedade é acima de 51 hectares.

Verifica-se que a agricultura praticada pelos usuários da área estudada é uma agricultura de subsistência. Resultados semelhantes foram encontrados

Tabela 2. Frequências absolutas dos indicadores de sustentabilidade da bacia hidrográfica do riacho Faé, CE.

Variáveis	Respostas	(%)
Grau de instrução	Analfabeto	23
	Alfabetizado	30
	Ensino fundamental incompleto	30
	Ensino fundamental completo	7
	Ensino médio incompleto	4
	Ensino médio completo	6
Renda familiar	0 a 0,5 salário	39
	0,5 a 1 salário	22
	1 a 1,5 salário	23
	1,5 a 2 salários	8
	Acima de 2 salários	8
Ocupação do usuário da bacia	Agricultor	89
	Pecuarista	3
	Pescador	4
	Servidor público	4
Destino dos esgotos sanitário	Fossas	53
	Leito do rio	11
	Área de drenagem do rio	6
	Outros	30
Tamanho da propriedade	Até 1 hectare	73
	De 2 a 5 hectares	15
	De 6 a 10 hectares	10
	Acima de 10 hectares	2
Situação da terra	Proprietário	44
	Arrendatário	48
	Cedido	8
Área cultivada	Até 1 hectare	86
	De 2 a 5 hectares	8
	De 6 a 10 hectares	6
Usam agrotóxicos	Sim	85
	Não	15
Recebem orientação técnica para uso dos agrotóxicos	Sim	17
	Não	83
Intoxicação devido o uso de agrotóxicos	Sim	33
	Não	77
Destino das embalagens dos agrotóxicos	Devolve ao fornecedor	1
	Tríplice lavagem	1
	Meio ambiente	62
	Reutiliza	2
	Outros	34
Principais culturas	Arroz e milho	7
	Arroz, feijão e milho	43
	Feijão e milho	41
	Outras culturas	9
Plantio em nível	Sim	8
	Não	54
	Não conhecer	38
Rotação de cultura	Sim	19
	Não	68
	Não conhecer	13
Usa irrigação	Sim	50
	Não	50

por Lima et al. (2009), estudando o perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará, pois verificaram que a grande totalidade dos produtores mantém um perfil típico da agricultura familiar com ênfase na subsistência, pouco avanço tecnológico e pouca especialização.

A situação na parte baixa da bacia hidrográfica do Faé se torna preocupante quando se trata do uso de agrotóxicos. Dos entrevistados, 85% declararam fazer uso dos agrotóxicos (Tabela 2). Lima et al., (2009), estudando o perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará, verificaram que 75% dos produtores usavam agrotóxicos.

Verifica-se que apenas 10% dos produtores utilizam Equipamento de Proteção Individual (E.P.I.), sendo que 54% não conhecem e/ou não respeitam o período de carência dos produtos. Resultados similares a estes foram encontrados no Assentamento de Catingueira Baraúna, no Rio Grande do Norte por Leite e Torres (2008). Em estudo do perfil do aplicador de agrotóxicos na agricultura paulista Vicente (1988) verificou que 47% dos agricultores familiares desconheciam o período de carência dos produtos que manipulavam.

Dentre os entrevistados do Faé, somente 17% declararam receber orientação técnica para a utilização de agrotóxicos, e 33% confirmaram a ocorrência de intoxicação na família devido ao uso de agrotóxicos. No trabalho de Leite e Torres (2008) esse índice atingiu um percentual de 50%. O trabalho de Vicente (1988) mostra que os produtores da agricultura paulista apresentaram um perfil diferenciado dos produtores das duas regiões do Nordeste brasileiro, principalmente no tocante a assistência técnica.

Em relação ao destino das embalagens de agrotóxicos vazias (Tabela 2), somente 1% devolve ao fornecedor, resultados iguais foram verificados por Lima et al. (2009), estudando o perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará, onde apenas 1% dos produtores as devolvem aos órgãos responsáveis. Outro 1%, faz a triplíce lavagem; 62% descartam no meio ambiente e, 2% reutilizam as referidas embalagens. De acordo com um estudo realizado por Peres e Moreira (2007), dos 130 milhões de embalagens de agrotóxicos que entram no mercado anualmente, 10% a 20% são recolhidos pela revenda, expressando um modelo com elevadas necessidades de mudanças. O destino das embalagens é de responsabilidade das empresas vendedoras de acordo com a lei 9.974/03, porém, foi constatado no presente trabalho que 99% dos produtores não as devolvem aos fornecedores.

Ainda de acordo com a Tabela 2, foi identificado que 33% dos produtores queimam toda a área, 11% desmatam toda a área a ser cultivada, 38 e 13% dos produtores não conhecesse as práticas de conservação de plantio em nível e rotação de cultura, respectivamente, expressando a adoção de um modelo de uso da terra que promove a degradação dos recur-

sos naturais.

A prática da irrigação é usada por 50% dos produtores; dentre estes, 52% irrigam através do método de irrigação por inundação e devido à inexistência de um manejo correto a eficiência no uso desse recurso natural é baixa (AMARAL et al., 2005). Situação semelhante foi constatada por Gondim et al. (2004) quando os mesmos realizaram um diagnóstico da agricultura irrigada no Baixo e Médio Jaguaribe, onde 44,41% dos irrigantes faziam uso do mesmo método.

Com a aplicação da análise de componentes principais a matriz inicial dos dados era composta por 51 variáveis, o teste de sensibilidade efetuado pelo modelo da AF/ACP identificou que apenas 12 delas apresentaram alguma significância na explicação da variância total dos dados (Tabela 3). O modelo de melhor ajuste, KMO e maior explicabilidade da variância total por um menor número de fatores e maior KMO aos dados estudados foi aquele composto por seis componentes explicando 80,25% da variância total dos dados e apresentando um KMO igual a 0,582. Lopes et al. (2009b), estudando os indicadores de sustentabilidade para o Perímetro Irrigado Baixo Acarau, Ceará, identificaram que 79,14% da variância total era explicada por um modelo formado por cinco componentes.

Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada fator. Verifica-se que a primeira componente (CP₁), é uma indicadora do risco de contaminação dos agricultores pelo uso dos agroquímicos, caracterizando-se como um indicador da saúde dos agricultores. A segunda CP₂ é explicada, principalmente, pelas variáveis: “Uso de mulch ou restolho” e “Manejo da biomassa” (peso $\geq 0,90$) as quais identificam a importância de adoção das técnicas adequadas de manejo do recurso vegetação. Já a componente CP₃, está relacionada com a irrigação e apresenta uma relação com as variáveis “Período de rega” e “Método de irrigação” com peso superior 0,79. A componente CP₄ caracteriza-se como uma indicadora da qualidade dos corpos hídricos, apresentando uma maior relação com as variáveis “Potabilidade da água para consumo humano” (peso $> 0,76$) e “Destino dos esgotos domésticos”. A componente CP₅ retrata o modelo patriarcal da família presente na área estudada, enquanto que CP₆ caracteriza a variabilidade na adoção de técnicas de conservação de água e solo.

Em geral, identificou-se na matriz do peso fatorial (Tabela 3) certa dificuldade na identificação das variáveis mais significativas, em decorrência de valores muito próximos entre si ou próximos do valor médio. Para minimizar essa limitação, aplicou-se a transformação ortogonal pelo emprego do algoritmo varimax. Pesquisadores como Carneiro Neto et al. (2008), Palácio et al. (2008), Andrade et al. (2009b), obtiveram uma matriz de mais fácil interpretação com a aplicação do algoritmo varimax na elaboração da matriz transformada, em estudos de

Tabela 3. Matriz de cargas fatoriais nas seis componentes principais para a bacia hidrográfica do riacho Faé, CE.

Nº	Variáveis	Componente principal (CP)					
		CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅	CP ₆
1	Uso de agroquímicos	0,817	-0,103	0,111	-0,160	-0,164	-0,160
2	Medidas preventivas no Momento de preparação da aplicação dos agroquímicos	0,805	-0,021	0,220	0,218	0,055	0,017
3	Cuidados durante a aplicação dos agroquímicos	0,770	0,033	0,090	-0,001	-0,261	0,006
4	Cuidados após a aplicação da utilização dos agroquímicos	0,737	-0,150	0,264	0,075	0,229	0,083
5	Uso de mulch ou restolho	0,020	0,912	0,305	-0,032	0,041	0,036
6	Manejo da biomassa	-0,035	0,900	0,344	-0,021	0,024	-0,018
7	Período de rega	-0,345	-0,275	0,804	0,160	-0,033	-0,055
8	Método de irrigação	-0,313	-0,346	0,792	0,159	-0,060	0,029
9	Potabilidade da água para consumo humano	0,099	-0,100	0,206	-0,769	0,094	0,080
10	Destino dos esgotos domésticos	0,061	0,107	-0,158	0,580	-0,465	0,276
11	Posição na hierarquia na família	0,128	-0,016	-0,068	0,301	0,812	0,338
12	Plantio em nível	-0,031	-0,046	0,066	-0,260	-0,225	0,889
Autovalor (raiz característica)		2,70	1,89	1,70	1,22	1,09	1,02
Variância (%)		22,50	15,79	14,16	10,15	9,10	8,54
Variância acumulada (%)		22,50	38,29	52,46	62,60	71,71	80,25

qualidade da água e sustentabilidade agrícola.

A adoção da matriz transformada (Tabela 4) gerou mudanças significativas em relação à matriz original (Tabela 3). Pode-se observar uma melhor distribuição da variância total entre as seis componentes, sem ocorrer variação do total explicado pelo modelo.

Após a rotação a componente VF₁ continuou expressando uma maior associação com os aspectos relacionados à saúde, sendo as variáveis mais signifi-

cativas: “Medidas preventivas no momento de preparação da aplicação dos agroquímicos” e “Uso de agroquímicos” (pesos > 0,82). Uma menor associação foi registrada com as variáveis: “Cuidados durante a aplicação dos agroquímicos” e “Cuidados após a aplicação da utilização dos agroquímicos” (Tabela 4).

A componente VF₂ permaneceu estreitamente relacionada à cobertura vegetal, sendo representado pelas variáveis “Manejo da biomassa” e “Uso de

Tabela 4. Matriz de cargas fatoriais das variáveis transformadas pelo algoritmo varimax os seis componentes principais selecionados dos produtores da bacia hidrográfica do riacho Faé, CE.

Nº	Variáveis	Componente principal						C*
		VF ₁	VF ₂	VF ₃	VF ₄	VF ₅	VF ₆	
1	Medidas preventivas no momento de Preparação da aplicação dos agroquímicos	0,835	0,047	0,014	-0,112	0,181	-0,048	0,747
2	Uso de agroquímicos	0,827	-0,068	-0,130	0,151	-0,191	-0,056	0,768
3	Cuidados durante a aplicação dos agroquímicos	0,779	0,045	-0,142	-0,074	-0,172	0,075	0,670
4	Cuidados após a aplicação da utilização dos agroquímicos	0,768	-0,045	0,076	0,093	0,306	0,013	0,700
5	Manejo da biomassa	-0,022	0,963	0,015	-0,005	-0,024	-0,027	0,930
6	Uso de mulch ou restolho	0,015	0,963	-0,042	-0,005	0,010	0,019	0,929
7	Método de irrigação	-0,048	-0,049	0,931	0,022	-0,024	0,056	0,875
8	Período de rega	-0,082	0,021	0,928	0,039	-0,033	-0,031	0,871
9	Destino dos esgotos domésticos	0,074	0,013	-0,049	-0,777	-0,116	0,209	0,668
10	Potabilidade da água para consumo humano	0,105	0,004	0,012	0,753	-0,137	0,269	0,669
11	Posição na hierarquia na família	0,042	-0,010	-0,061	-0,009	0,938	0,015	0,886
12	Plantio em nível	-0,024	-0,009	0,023	0,016	0,021	0,956	0,915
Autovalor (raiz característica)		2,61	1,87	1,78	1,22	1,11	1,05	-
Variância (%)		21,73	15,57	14,82	10,18	9,23	8,72	-
Variância acumulada (%)		21,73	37,30	52,12	62,30	71,53	80,25	-

* C: Comunalidade – quando superior a 0,5 significa que o fator correspondente reproduz mais da metade da variância da variável correspondente.

mulch ou restolho” com peso superior a 0,96 (Tabela 4). A componente VF₃ esta relacionada à irrigação, porém com uma mudança significativa nos pesos atribuídos as variáveis, alterando de 0,79 (Tabela 3), para 0,92 após a rotação (Tabela 4). A componente VF₄ apresentou uma maior relação com as variáveis “Destino dos esgotos domésticos” e “Potabilidade da água para consumo humano” (peso > 0,75), Tabela 4, sendo uma indicadora da qualidade das águas na área estudada. As componentes VF₅ e VF₆, Tabela 4, após a rotação da matriz passaram a expressar uma maior relação com o modelo patriarcal da família e a adoção de práticas conservacionistas de água e solo. Embora tenha havido um aumento dos pesos atribuídos as variáveis nas componentes, a robustez da técnica se expressa na seleção das mesmas variáveis em cada componente.

Os fatores determinantes da sustentabilidade da bacia hidrográfica do riacho Faé estão presentes na Tabela 5. Os valores elevados dos pesos fatoriais sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada Componente (Tabela 4). As variáveis agrupadas na primeira componente, com pesos > 0,76 estão em consonância com o observado em campo (Tabela 2), onde foi identificado que 83% dos usuários entrevistados apresentam baixa escolaridade e que 83% dos mesmos não recebem orientação técnica de uso dos agrotóxicos, o que expõe o meio ambiente a elevados riscos de contaminação pelos mesmos. Essas variáveis que compõe a primeira componente são indicadoras do fator “Saúde”.

O uso irregular de produtos tóxicos é uma forma de comprometer a saúde humana e ambiental. Esses resultados expressam a importância do nível de escolaridade como um fator limitante de alcance e adoção de tecnologias (LACERDA; OLIVEIRA, 2007; LOPES et al., 2009a). Pesquisadores como Marzall e Almeida, (1998) comentam que a baixa ou nenhuma escolaridade dos trabalhadores rurais aumentam os riscos em contrair doenças, sobretudo a exposição direta aos agrotóxicos (Tabela 2).

A variável “Grau de instrução” não foi selecionada como um dos indicadores de sustentabilidade da bacia do riacho Faé, CE, em virtude da homogeneidade, onde 83% dos usuários apresentam baixa ou nenhuma escolaridade e também a abordagem com que essa variável foi considerada (analfabeto, alfabetizado, ensino fundamental incompleto, fundamental completo, ensino médio incompleto, ensino médio completo). A definição destas classes determinou à baixa explicabilidade da variabilidade dos dados, uma vez que cada classe corresponde em média a quatro anos de escolaridade. Acredita-se que a realidade da comunidade teria sido mais bem representada se o nível de escolaridade fosse definido pelo número de anos de estudo e não por intervalos de classe. Ainda em relação ao grau de instrução, analisando o primeiro fator, verifica-se claramente que todas as variáveis que representa o fator saúde, estão relacionadas com a questão da educação.

Tabela 5. Denominação do fator associado às variáveis explicativas.

Ordens das componentes	Denominação do fator	Variáveis ou aspectos
1	Saúde	Cuidados durante a aplicação dos agroquímicos Uso de agroquímicos Medidas preventivas no momento de preparação da aplicação dos agroquímicos Cuidados após a aplicação da utilização dos agroquímicos
2	Cobertura vegetal	Manejo da biomassa Uso de mulch ou restolho
3	Manejo da irrigação	Método de irrigação Turno de rega
4	Conservação da água	Destino dos esgotos domésticos Potabilidade da água para consumo humano
5	Organização familiar	Posição na hierarquia na família
6	Técnicas de produção agrícola	Plantio em nível

As variáveis agrupadas pela segunda componente são indicadoras do fator “Cobertura vegetal” (Tabela 5). Esse fator se encontra de acordo com o observado em campo (Tabela 2), onde foi identificado que 11% dos agricultores desmatam toda a área e outros 33% queima toda área. No terceiro fator (Tabela 5) as variáveis “Método de irrigação” e “Turno de rega” são indicadores do manejo de irrigação. Esse fator indica a necessidade de cursos práticos, a ação da extensão rural e palestras onde o

agricultor aprenda como melhorar o manejo da irrigação. O baixo índice de adoção das tecnologias deve-se principalmente ao baixo nível de escolaridade (SOUZA et al., 2001; ANDRADE et al., 2009a), e ao fato dos agricultores acreditarem que as mesmas têm um valor econômico elevado, requerendo conhecimentos técnicos especializados e que sua adoção não proporciona ganhos econômicos compensadores (LOPES et al., 2009b).

No quarto fator (Tabela 5) as variáveis:

“Destino dos esgotos domésticos” e “Potabilidade da água para consumo humano” são indicadoras da Conservação da água. Esse fator se encontra em consonância com as observações de campo (Tabela 2), onde foi identificado que 47% das casas dos produtores entrevistados não apresentam nenhum tipo de saneamento, sendo os dejetos lançados a céu aberto. Esses resultados são semelhantes àqueles observados por Lacerda e Oliveira (2007). Segundo o IPEA (2009), a população que tem acesso a serviços de saneamento básico é menos vulnerável a doenças veiculadas pela água e associadas à provisão deficiente de saneamento, tais como infecções diarreicas e parasitárias, dengue e leptospirose, entre outras.

O quinto e sexto fator são indicadores do modelo patriarcal das famílias e conhecimento das técnicas de produção agrícola, respectivamente. Estes dois fatores explicaram 17,95% da variância total (Tabela 5). Verifica-se ainda que o sexto fator encontra-se em consonância com o observado em campo (Tabela 2), onde se identificou que 54% dos usuários entrevistados não cultivam em nível e 38% não conhecem a técnica. Já em relação a rotação de cultura, verificou-se que 68% dos agricultores não a utilizam sendo que 13% deles não conhecem esta técnica. Porém, mesmo sem o conhecimento do uso das técnicas de produção da agricultura, os produtores mostraram-se preocupados com esse fato, indicando a necessidade de cursos práticos e da ação da extensão rural onde o agricultor aprenda fazendo.

CONCLUSÕES

A análise fatorial promoveu a redução das 51 variáveis iniciais para 12 variáveis e que estas foram agrupadas em seis fatores determinantes da sustentabilidade sócio-ambiental da bacia hidrográfica do riacho Faé, Ceará, explicando 80,25% da variância total;

Os fatores determinantes da sustentabilidade dos produtores da bacia hidrográfica do riacho Faé, são definidos principalmente pelos fatores saúde, conservação da cobertura vegetal e irrigação;

Embora a variável nível educacional não tenha aparecido diretamente nos fatores determinantes, as observações em campo mostram a forte relação existente entre o nível de escolaridade e o uso de práticas conservacionistas de água e solo;

O perfil dos agricultores da bacia hidrográfica do riacho Faé é de agricultura familiar;

O modelo atual do uso da terra conduz à degradação dos recursos naturais e os usuários se mostraram preocupados pela ação incipiente do serviço de extensão rural.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. G. H. et al. Vazão retirada e consumo

efetivo de água em diferentes sistemas de irrigação do arroz. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 178-192, 2005.

ANDRADE, E. M. et al. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, 2009a.

ANDRADE, E. M. et al. Classificação da sustentabilidade das unidades de produção agrícola no Perímetro Irrigado Araras Norte, Ceará. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba v. 10, n. 2, p.157-164, 2009b.

CARNEIRO NETO, J. A. et al. Índice de Sustentabilidade Agroambiental para o Perímetro Irrigado Ayras de Souza. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1272-1279, 2008.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; FILHO DIAS, J. M. **Análise multivariada**. 1. ed. 2 reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009, 541 p.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 320 p.

GIRÃO, E. G. et al. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.

GONDIM, R. S. et al. Diagnóstico da agricultura irrigada no Baixo e Médio Jaguaribe. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 35, n. 3, p. 424-430, 2004.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Moradia 6**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/radar_social.pdf> Acesso em: 2 nov 2009.

LACERDA, N. B.; OLIVEIRA, T. S. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 216-223, 2007.

LEITE, K. C.; TORRES, M. B. R. O Uso de agrotóxicos pelos trabalhadores rurais do assentamento Catingueira Baraúna - RN. **Revista Verde**, Mossoró, v. 3, n. 4, p. 6-28, 2008.

LIMA, P. O. et al. Perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará.

Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 255-259, 2009.

LOPES, F. B. et al. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, usando análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 185-193, 2009a.

LOPES, F. B. et al. Indicadores de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, empregando a análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 17-26, 2009b.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Parâmetros e indicadores de sustentabilidade na agricultura: limites, potencialidades e significado no contexto do desenvolvimento rural. **Extensão Rural**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 25-38, 1998.

MASERA, O.; ASTIER, M.; RIDAURA, S. L. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación (MESMIS)**. México: Mundi-Prensa, 1999. 107 p.

PALÁCIO, H. A. et al. Selection of the determinates Trussu River Water quality factors using multivariable analysis. **Geographia Technica**, v. 5, n. 1, p. 74-81, 2008.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, Suplemento n. 4, p. 5612-5621, 2007.

SANTOS, P. L. S.; AZEVEDO, E. O. Perfil sócio-econômico de produtores de leite do Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 260-267, 2009.

SOUZA, G. H. F. et al. Desempenho do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 204-209, 2001.

VICENTE, M. C. M. Perfil do aplicador de agrotóxicos na agricultura paulista. **Revista de Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 11, p. 35-61, 1998.