

12118 - Produção de biomassa e CO₂ equivalente em sistema agrossilvipastoril: uma aplicação da dinâmica de sistema

Estimated of biomass and CO₂ equivalent by an agrosilvopastoral system: through the system dynamics

BEZERRA, Francisco Gilney Silva¹; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales²; GUIMARÃES, Vinicius Pereira³, BEZERRA, Karine Rocha Aguiar⁴, MAYORGA, Maria Irles de Oliveira⁵, CAMPANHA, Mônica Matoso⁶

1 - Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Economia Agrícola (DEA) - Av. Mr. Hull S/N Bloco 826 – Pici. CEP: 60451-970. Fortaleza/CE – Brasil. Caixa-Postal: 6017, franciscogilney@yahoo.com.br; 2 – UFC/DEA, pvpslima@gmail.com; 3 - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Caprinos e Ovinos (CNPQ), Estrada Sobral/Groaíras, KM 04. CEP: 62010-970. Sobral/CE – Brasil. Caixa-Postal: 145, vpguimaraes@cnpc.embrapa.br; 4 – UFC/DEA, mugikara2004@yahoo.com.br; 5 - UFC/DEA, irles@ufc.br; 6 - Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Sete Lagoas, MG, 35701-970, monicamc@cnpms.embrapa.br

Resumo: Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) mostram-se como uma alternativa social e econômica às consequências da ação antrópica sobre o meio ambiente. Buscou-se verificar a dinâmica da produção de biomassa e o estoque de CO₂ equivalente no SAF, em área de caatinga no estado do Ceará. A área de estudo compreendeu o SAF localizado na Fazenda Crioula, pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos da Embrapa, estando situada no município de Sobral – CE. Utilizou-se como ferramenta de elaboração do modelo o *software* Vensim®. As simulações basearam-se na determinação de cenários para uso da terra (culturas agrícolas) e manejo da caatinga. Os resultados demonstraram que o sistema foi capaz agregar renda por meio da venda dos produtos agrícolas e a comercialização do CO₂ equivalente caso existisse um mercado específico para o produtor. O modelo desenvolvido para SAF oriundo desta pesquisa mostrou-se capaz de contribuir com as pesquisas já desenvolvidas atualmente, bem como para a sustentabilidade e viabilidade desse modelo de produção, por meio da diversificação de atividades e produtos, favorecendo uma geração de renda mais harmônica no tempo.

Palavras -Chave: Caatinga, Modelagem, Serviços ambientais.

Abstract: *Agroforestry Systems (SAF) are shown as an alternative to social and economic consequences of human action on the environment. We sought to determine the dynamics of biomass production and the stock of CO₂ equivalent in the SAF, in an area of “caatinga” biome in the state of Ceará. The study area comprised the SAF in Crioula farm, belonging to the National Research Center of Embrapa Goats, being situated in the municipality of Sobral - CE. It was used as a tool for developing the model the software Vensim. The simulations were based on the determination of option settings land uses (agricultural crops) and management of “caatinga”. The results showed that the system was able to add income by selling agricultural products and the commercialization of CO₂ equivalent if there were a specific market for this producer. The model developed for this research come from SAF was able to contribute to the research already carried out today as well as to the sustainability and viability of this model of production through diversification of activities and products, promoting a more harmonious income generation in time.*

Key Words: *Caatinga, Modeling, Environmental services*

Introdução

Ao longo das últimas décadas o homem vem modificando de maneira mais profunda e preocupante a Terra, sendo, esse processo, intensificado a partir da revolução industrial (VITOUSEK et al., 1997). Não contrário a essa realidade, o semiárido brasileiro igualmente sofre devido a tal modelo de desenvolvimento. Segundo Araújo Filho e Silva (2008) essa região encontra-se em degradação ambiental elevada, pela destruição da flora e da fauna, erosão dos solos e assoreamento dos mananciais, provocados por práticas agrícolas pastoris e madeireiras sem a devida preocupação com o meio ambiente. O uso excessivo e extrativista dos recursos naturais contribui para a redução da qualidade de vida, uma vez que ocasiona a exaustão dos recursos existentes, causando a inviabilidade de qualquer atividade produtiva e o aumento do nível de pobreza das comunidades rurais.

Atualmente, a busca por soluções para reverter as consequências da ação antrópica vem possibilitando o desenvolvimento de novos sistemas de produção limpa, bem como a compreensão de um modelo de desenvolvimento que atenda aos novos paradigmas. Neste cenário, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) mostram-se, como uma alternativa importante na busca por melhores condições de vida e trabalho, uma vez que através dos serviços ambientais gerados neste sistema é possível, de maneira integrada, a produção de alimentos e de bens para uso humano e animal.

A neutralização do CO₂ atmosférico por meio destes sistemas de produção poderá se tornar uma complementação da renda do produtor rural o que contribuirá para o sustento da sua família, bem como a melhoria da qualidade de vida e de sua atividade. Desta forma a análise deste serviço ambiental bem como das interações intrínsecas ao sistema requer a compreensão das interconexões existentes entre os seus componentes o que torna sua análise uma tarefa ainda mais complexa.

Neste sentido deve ser adotada para o estudo destas relações uma técnica que possibilite trabalhar essa complexidade. A Dinâmica de Sistemas possibilita trabalhar essa complexidade de forma holística, pois permite entender e descrever melhor como se dá as relações existentes no sistema e como estas influenciam e se deixam influenciar pelo meio em que atuam. Assim, objetivou-se com este estudo verificar a dinâmica da produção de biomassa e por seguinte o estoque de CO₂ equivalente, em decorrência do emprego de técnicas conservacionistas em um sistema agrossilvipastoril, em área de caatinga no estado do Ceará.

Metodologia

O Sistema Agroflorestal, que serviu de base para este estudo, encontra-se localizado na Fazenda Crioula, pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos (CNPIC) da Embrapa, estando situada no município de Sobral – CE. O município se encontra na região semiárida cearense, cujo bioma predominante é a Caatinga. O SAF está dividido em três áreas (parcelas): 20% para as atividades agrícolas, 60% para as atividades pastoris e 20% como reserva florestal

O trabalho desenvolveu-se mediante duas fases. A primeira possibilitou o entendimento

da dinâmica do SAF, por meio do estabelecimento de Diagramas de *loops* Causais¹, possibilitando determinar quais variáveis compõem o modelo. Em seguida, coletaram-se as informações (dados) necessárias à criação do banco de dados utilizados na construção do modelo de simulação. A segunda fase compreendeu o desenvolvimento, a análise e a avaliação do modelo de simulação, e a elaboração de cenários que possibilitaram ilustrar a dinâmica da biomassa e do CO₂ equivalente no sistema.

Neste estudo adotou-se o software Vensim, produzido pela Ventana Systems® por ser de fácil manipulação, gratuito e com funções suficientes para desenvolvimento do trabalho. O programa utiliza uma satisfatória interface gráfica e símbolos que representam elementos do processo. Os símbolos são usados para gerar rapidamente modelos de simulação dinâmica, pela criação de relacionamentos que representem algum processo.

Resultados e discussão

Dinâmica da acumulação de biomassa produzida no sistema

As simulações foram determinadas a partir da combinação entre as culturas com potencial de adequação à área estudada (milho, feijão, sorgo e mandioca) e o raleamento da caatinga, uma vez que este modelo de produção tem como um de seus principais objetivos, conservar o bioma permitindo que as gerações futuras possam usufruir dos benefícios oriundos deste ecossistema.

No total foram geradas 18 opções de consorciação das culturas agrícolas. Na Figura 1 é possível avaliar o acúmulo anual de biomassa na área. De acordo com as simulações a média anual de produção de biomassa das culturas associadas à caatinga raleada permaneceu em torno de 26,93 Mg MS ano⁻¹.

Os menores valores encontrados quanto à produção de biomassa ocorreram nos Cenários CRa+BP (16,49 Mg MS ano⁻¹), CRa+BP+FE (17,52 Mg MS ano⁻¹) e CRa+BP+MI+FE+MA (20,37 Mg MS ano⁻¹).

Os Cenários CRa+BP+ MA (0%) (37,91 Mg MS ano⁻¹), CRa+BP+ MA (50%) (36,84 Mg MS ano⁻¹), CRa+BP+ MA (100%) (35,78 Mg MS ano⁻¹), CRa+BP+MI+MA (32,50 Mg MS ano⁻¹) e CRa+BP+SO+MA (31,90 Mg MS ano⁻¹) apresentam valores acima da média. Em parte essa oferta elevada corresponde à associação com a mandioca que apresenta alta produção por área, além de apresentar alto teor de matéria seca nas raízes que são ofertadas aos animais na forma de raspa.

Em ambos os cenários recomenda-se ao produtor o uso de práticas de conservação de forragem (silagem, fenação, por exemplo), visto que a oferta de forragem varia de acordo com o ciclo produtivo de cada cultura e clima da região. Outras considerações a serem analisadas dizem respeito aos incrementos nos rendimentos proporcionados pela venda do excedente da produção agrícola, referentes à venda de milho, feijão e mandioca.

Em todos os cenários o produtor somente destinará parte ou totalidade do produto para

¹ Estrutura gráfica utilizada para demonstrar a interdependência das variáveis que compõem o sistema. Também pode ser chamado de Diagrama de Ciclos Causais.

venda quando optar por plantar somente a cultura correspondente na área agrícola, ou seja, não ocorrerá consórcio. Nesta condição o volume excedente do produto tende a ser maior, o que permite esta possibilidade ao produtor.

Na venda do milho o produtor obterá um *input* nos seus rendimentos de R\$ 248,37 na venda de 50% do milho (0,41 Mg) na forma de grão, logo, caso resolva destinar toda a produção para a venda este valor será de R\$ 496,73 (0,82 Mg) (considerando o preço médio² pago de R\$ 605,77 Mg⁻¹). Para a venda de mandioca o complemento à renda será de aproximadamente R\$ 585,75 e R\$ 1.169,57 quando vendidos 50% (3,04 Mg) e 100% (6,08 Mg), respectivamente (considerando o preço médio pago de R\$ 192,68 Mg⁻¹). Com a venda do feijão será gerada uma receita de R\$ 5.076,89 para a venda de 50% (1,74 Mg) da produção e R\$ 10.153,77 para a venda de 100% (3,48 Mg) da produção (considerando o preço médio pago de R\$ 2.917,75 Mg⁻¹).

No caso da produção de feijão, o produtor deverá fazer outra análise em relação ao consumo da família, ou seja, quando ele vende sua produção terá que atender sua demanda pelo produto com aquisição de outro produtor ou supermercado. Sob essa ótica, caso o produtor opte por não vender a produção de feijão ou parte dela, estará deixando de gastar o equivalente estocado. Quanto ao milho produzido, o produtor só deverá destiná-lo à venda quando estiver gerando excedente.

Dinâmica do estoque de CO₂ equivalente do sistema

Segundo Andrade e Romeiro (2009) a degradação dos ecossistemas e as alterações nos fluxos de serviços ecossistêmicos podem representar um sério entrave ao desenvolvimento. Impedindo desta forma, o combate à fome, a redução da pobreza etc, tornando mais distante a operacionalização do desenvolvimento sustentável.

A busca por modelos que priorizem a manutenção destes serviços e contribuam para o bem-estar humano são fundamentais dentro da ótica que a sociedade atual tem como desenvolvimento. O comércio de CO₂ equivalente, vem despontando como uma forma de agregar aos modelos atuais estas premissas.

Neste sentido buscou-se quantificar o total de CO₂ equivalente gerado neste sistema com o intuito de agregar valor a este modelo de produção. Para tanto estabeleceu-se, 18 cenários no total de usos da terra para demonstrar a variação no acúmulo de CO₂ equivalente. A Figura 2 mostra a dinâmica das quantidades geradas de CO₂ equivalente nos diferentes tipos de associações entre as culturas agrícolas e a caatinga raleada.

Pode-se perceber que a diferença entre os valores foi, relativamente, pequena. Esse comportamento pode ser explicado pela grande capacidade de absorção de matéria orgânica no solo e sua conversão para CO₂ equivalente, pelas condições de produção adotadas relacionadas às práticas conservacionistas.

A média anual de fixação de CO₂ por meio do serviço ambiental analisado foi de, aproximadamente, 169,89 Mg de CO₂ ano⁻¹ quando se opta pelo raleamento como manejo

² Os preços dos produtos agrícolas em nível de produtor considerados neste estudo são oriundos do Instituto Agropolos do Ceará, tendo como referência o mês de dezembro de 2010.

florestal, o que gera uma renda anual de R\$ 1.412,64 (assumindo-se a cotação de 1 crédito de carbono igual a US\$ 5 e a cotação de US\$ 1 igual a R\$ 1,663), caso existisse um mercado ativo de pagamento pelo carbono equivalente para a condição deste produtor. Entre os cenários analisados o CRa+BP+ MA (0%) mostrou-se como o que mais contribuiu para a produção de CO₂ equivalente, cerca de 189,81 Mg de CO₂ ano⁻¹, o que corresponde a um incremento na renda de aproximadamente R\$ 1.578,27 ou R\$ 131, 52 mês⁻¹.

Em ambos os cenários observa-se um incremento na rentabilidade do sistema, podendo este mercado contribuir como fonte alternativa de renda do produtor. Para tanto políticas públicas devem ser direcionadas para estabelecimento de critérios que possibilitem esse pagamento, permitindo uma melhoria do sistema e do bem-estar através da manutenção deste e dos demais serviços que estão relacionados com a produção do carbono.

O modelo mostrou-se capaz de contribuir com as pesquisas já desenvolvidas atualmente, bem como para a sustentabilidade e viabilidade desse sistema de produção, por meio da diversificação de atividades e produtos. Soma-se ainda uma geração de renda mais harmônica no tempo, ou seja, promover uma distribuição mais uniforme do serviço e da receita gerada, reduzindo, assim, os riscos de impacto econômico derivado da flutuação de preços no mercado e de perda total da colheita, quando se tem uma única cultura. Esse contexto mostra-se compatível para a pequena produção familiar.

Bibliografia Citada

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem estar humano. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 155, p. 44, 2009.

ARAÚJO FILHO, J. A. de.; SILVA, N. L. da.. **Sistema de Produção Agrossilvipastoril**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2008. 3p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico, 89).

VITOUSEK, P. M. *et al.* Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, p. 494-499, 1997.

ZAMBOM, A. C. A utilização da simulação pela controladoria no apoio à tomada de decisão. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Contabilidade, Goiânia: Conselho Federal de Contabilidade, 2000a. CD-ROM.

ZAMBOM, A. C. **Análise de Fundo de Pensão: Uma Abordagem de System Dynamics**. Rio de Janeiro: Funenseg, 2000b. 128p. (Cadernos de seguro: teses, v.5, n. 13).