



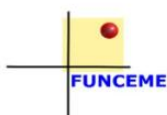
Sustentabilidade e  
Resiliência  
Hídrica e Territorial  
nos Sertões Nordestinos

## RELATÓRIO PRODUTOS 8 E 9



**Trajетória da Resiliência Agrícola em uma  
Perspectiva de Baixo Carbono e de Transição  
Agroecológica**

CEARÁ 2023





### **COORDENADORES DO PRODUTO 8 e 9**

Iago Alvarenga e Silva

Isabelle Tritsch

Eric Scopel

### **COLABORADORES**

Ályson Brayner Sousa Estácio

Bruno Dias Rodrigues

Domingo Cassain Sales

Francisco Augustinho de Brito Neto

Francisco Tavares Forte Neto

José de Souza Oliveira Filho

Juliana Matos Vieira

Lucas Alberto Fumagalli Coelho

Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho

Nicolly Santos Leite

Rafael Cipriano da Silva

Rousilene Silva Nascimento Diniz

Samiramisthais Souza Linhares

Vanessa Ohana Gomes Moreira



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO</b>                                   | <b>4</b>  |
| <b>CAPÍTULO 1 - PRODUTO 8</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>2. OBJETIVO GERAL</b>                              | <b>6</b>  |
| 2.1 Objetivos Específicos                             | 6         |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>                          | <b>6</b>  |
| 3.1 Local do estudo                                   | 6         |
| 3.2 Definição das áreas de amostragem                 | 6         |
| 3.3 Entrevistas                                       | 10        |
| 3.5 Definição das Tipologia de unidades de produção   | 11        |
| 3.6 Cálculo das Pegadas                               | <b>12</b> |
| 3.6.1 Pegada de carbono (PC)                          | 12        |
| 3.6.2 Pegada hídrica (PH)                             | 14        |
| 3.6.3 Pegada energética (PE)                          | 15        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                      | <b>16</b> |
| 4.1 Caracterização dos entrevistados                  | 16        |
| 4.1.1 Aspectos sociais e infraestrutura               | 16        |
| 4.1.2 Agricultura                                     | 17        |
| 4.1.3 Pecuária  | 18        |
| 4.2 Tipologia das unidades produtivas                 | 18        |
| 4.3 Pegadas   | 21        |
| 4.3.1 Pegada de carbono                               | 21        |
| 4.3.2 Pegada hídrica                                  | 23        |
| 4.3.3 Pegada de energia                               | 24        |
| <b>5. CONCLUSÃO</b>                                   | <b>25</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                  | <b>26</b> |
| <br>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2 - PRODUTO 9</b>                         | <b>27</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>                                  | <b>27</b> |
| <b>2. OBJETIVO GERAL</b>                              | <b>27</b> |
| 2.1 Objetivos Específicos                             | 27        |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>                          | <b>28</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                      | <b>28</b> |
| 4.1 Oficina   | 28        |
| 4.1.1 Problemas                                       | 29        |
| 4.1.2 Soluções  | 29        |
| 4.1.3 Dificuldades                                    | 30        |
| 4.2 Definição dos cenários / trajetórias alternativas | 30        |
| 4.2.1 Grupo 3   | 30        |
| 4.2.2 Grupo 4   | 30        |
| 4.2.3 Grupo 5   | 31        |
| 4.2.4 Grupo 6   | 31        |
| 4.3 Novas pegadas de carbono                          | 32        |
| <b>5. CONCLUSÃO</b>                                   | <b>34</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                  | <b>35</b> |
| <b>ANEXOS</b>   | <b>36</b> |



## APRESENTAÇÃO

O Bioma Caatinga tem ocorrência exclusiva no Brasil, sendo sua principal área localizada na região Nordeste. Este bioma exibe uma notável diversidade de espécies adaptadas às condições adversas de seca, que prevalecem na região. Sua flora soma mais de 3.300 espécies vegetais, das quais pelo menos 526 são endêmicas, ou seja, só existem na Caatinga. No entanto, a ocupação territorial desordenada, ao longo dos anos, tem contribuído significativamente para a degradação dos recursos naturais presentes.

As transformações ambientais provenientes de atividades produtivas são as principais responsáveis pelas alterações nestes ecossistemas como, por exemplo, a perda da biodiversidade, a degradação dos solos e a redução da qualidade dos recursos hídricos. Em consequência, promovem, dentre outros efeitos, a escassez de recursos naturais e o agravamento das mudanças climáticas. Nesse contexto, é necessário o desenvolvimento de metodologias ou ferramentas capazes de identificar e quantificar os danos causados, bem como, criar estratégias para revertê-los, promovendo assim, uma gestão sustentável e a preservação de ambientes fragilizados.

O Projeto Sertões é um projeto piloto de pesquisa e inovação que tem como objetivo a geração de conhecimentos interdisciplinares do território semiárido nas vertentes de gestão sustentável da água, transição agroecológica, energia e economia de baixo carbono. Dentro desta perspectiva, no Produto 7 foi realizada uma análise de *benchmarking* sobre as metodologias de avaliação das Pegadas de carbono (PC), hídrica (PH) e energética (PE), subsidiando a concepção de uma proposição metodológica a ser aplicada posteriormente. Por meio da análise sistemática e revisão bibliográfica, obteve-se as principais metodologias empregadas tanto no semiárido brasileiro como em outras regiões do Brasil e do mundo. Também foi realizado um inventário contendo as principais informações sobre as taxas de emissão de carbono por atividade produtiva.

A partir dessa avaliação preliminar, o Produto 8 objetiva o estudo da análise de impactos (passados e presentes) das trajetórias agrícolas de um território inserido na região semiárida. Nesse sentido, pretende-se quantificar e caracterizar as três pegadas (PC, PH e PE) nas diferentes tipologias agrícolas identificadas na região de Quixeramobim (CE) e, a partir disso, compreender o impacto das atividades antrópicas sobre o meio ambiente ao longo do tempo. Em seguida, com base no diagnóstico territorial e no trabalho sobre os impactos das trajetórias agrícolas, o Produto 9 visa construir, de forma colaborativa, trajetórias futuras sustentáveis, identificando as potencialidades e limitações, além de estimar as PC, PH e PE de trajetórias alternativas.

Com base nas atividades desenvolvidas e na compilação de dados realizada pelos pesquisadores, tendo em vista o objetivo de contribuir com o processo de compreensão dos impactos das trajetórias agrícolas estudados pelo Projeto Sertões, realizou-se a produção deste relatório composto de dois capítulos que abordam as temáticas definidas: 1) Estudo da análise de impactos (passados/presentes) das trajetórias agrícolas; 2) Identificação e Avaliação de Trajetórias agrícolas alternativas.





## **CAPÍTULO 1 - PRODUTO 8**

### **ESTUDO DA ANÁLISE DE IMPACTOS (PASSADOS/PRESENTES) DAS TRAJETÓRIAS AGRÍCOLAS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

As atividades antrópicas variam na forma e intensidade de como impactam nos diferentes ecossistemas, assim como afetam nos balanços de carbono, de água e de energia. Dentre as atividades de maior impacto, destaca-se a agricultura. De fato, a produção agrícola é uma das mais importantes fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), responsável por 23 a 30% do total de emissões das atividades humanas (IPCC, 2019; HAN et al., 2019). Em relação aos impactos da agricultura na disponibilidade hídrica, a situação é ainda mais sensível, já que 72% das captações de água no mundo são destinadas a essa atividade (UN-WATER 2021). Deste modo, a redução das emissões de GEE e do consumo de água por parte da produção agrícola, com uso de técnicas mais eficientes e socioambientalmente compatíveis, é um passo necessário em direção à sustentabilidade produtiva e ambiental.

Nesse sentido, a estimativa de uma pegada ecológica, através do cálculo das pegadas de carbono (PC), hídrica (PH) e energética (PE), é usada em diferentes sistemas de produção e meios de vida para mensurar a disponibilidade e impactos sobre recursos naturais. Assim, não é usada somente para estimativa das emissões de GEE, mas também sobre a deterioração da disponibilidade hídrica, na quantidade e eficiência energética e, principalmente, na sustentabilidade dos ecossistemas e recursos naturais.

Dessa forma, os estudos de pegadas ecológicas são importantes não somente para avaliar a sustentabilidade dos ecossistemas, mas também medir os efeitos das atividades antrópicas no presente, assegurando a proteção contra a poluição, desperdícios e o desenvolvimento social, econômico e ambiental sustentável. Além disso, por meio da quantificação, de forma direta ou indireta, das PC, PH e PE é possível a criação de cenários atuais e/ou passados, com possibilidade de projeções futuras importantes para as tomadas de decisões e gerenciamento de políticas públicas (LE QUÉRÉ et al., 2016; SCHMITZ et al., 2020).

As três pegadas que compõem a pegada ecológica estão relacionadas, pois, à medida que ocorre o aumento da população global e da necessidade por bens de consumo e serviços, também ocorre o aumento das taxas de emissão globais, consumo hídrico e energético (SCHMITZ et al., 2020). Como consequência, intensifica-se o aumento das temperaturas, interferindo na dinâmica climática de longo prazo, levando a uma maior ocorrência de eventos extremos, como secas e cheias, e afetando a disponibilidade hídrica em diversas regiões do planeta. Em regiões semiáridas, onde o estresse hídrico é uma realidade frequente, os impactos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica são ainda mais significativos.

No Brasil, os estudos voltados às Pegadas Ecológicas ainda são incipientes e pontuais, havendo diversas lacunas a serem compreendidas, que são mais agravantes quando se trata de ambientes semiáridos e subúmidos secos, nos quais está inserido o Bioma Caatinga. Este é considerado um dos biomas mais vulneráveis do país, uma vez que a intensificação das ações antrópicas, como a remoção da vegetação nativa, aumenta a pressão sobre os solos e os riscos de degradação de algumas áreas.



## 2. OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo geral desenvolver e aplicar uma metodologia para o cálculo de pegadas ecológicas (água, carbono e energia) em unidades de produção agropecuária no município de Quixeramobim - CE.

### 2.1 Objetivos Específicos

Especificamente, objetivou-se:

- a) Identificar os principais tipos de unidades de produção presentes no município de Quixeramobim;
- b) Caracterizar a situação atual das atividades das unidades de produção nos diferentes tipos;
- c) Avaliar, para cada tipos, os impactos das práticas e dos insumos utilizados no processo produtivo, bem como a sustentabilidade de tais práticas, do ponto de vista de pegada hídrica, de carbono e energia.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local do estudo

O estudo foi realizado no município de Quixeramobim, pertencente ao estado do Ceará. O clima da região é semiárido quente, enquadrando-se na classificação climática de Köppen como BShw', com a temperatura e precipitação anual média de 28,5° e 707,7 mm, respectivamente (LIMA et al. 2009).

No contexto geomorfológico, o município está inserido na Depressão Sertaneja, caracterizada pelas superfícies aplainadas, com cotas altimétricas baixas que variam entre 40 e 550 m. Ao longo da depressão ocorre *inselbergs* com altitudes variando entre 50 e 500 m. Localiza-se na região do Sertão Central cearense, situado na bacia hidrográfica do rio Banabuiú, que apresenta como principais rios o Banabuiú e o Quixeramobim.

O município possui uma área territorial de 3.325 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 82.455 habitantes (IBGE 2021), com cerca de 40% destes vivendo na zona rural (IPCE 2011). Seu território está dividido administrativamente em doze distritos, conhecidos como: Belém (299 km<sup>2</sup>), Berilândia (142 km<sup>2</sup>), Damião Carneiro (360 km<sup>2</sup>), Encantado (186 km<sup>2</sup>), Lacerda (243 km<sup>2</sup>), Manituba (380 km<sup>2</sup>), Nenelândia (108 km<sup>2</sup>), Passagem (309 km<sup>2</sup>), Paus Brancos (114 km<sup>2</sup>), São Miguel (188 km<sup>2</sup>), Sede (671 km<sup>2</sup>) e Uruquê (325 km<sup>2</sup>) (PAES, et al., 2022).

### 3.2 Definição das áreas de amostragem

Para a seleção das áreas foi empregado o método de amostragem estratificada. Essa abordagem consiste na divisão de uma população em diferentes estratos (subpopulações) a partir da identificação de características em comum entre indivíduos localizados em uma mesma área (PARSONS, 2017). Os estratos possuem características que não os superpõem e, dessa forma, juntos abrangem e representam a totalidade da população. Como efeito, essa estratificação resulta em uma maior eficiência na amostragem, na redução de custos e alcança uma representatividade satisfatória das unidades de produção distribuídas em todo o município de Quixeramobim.

O processo de definição dos estratos é apresentado na Figura 1. Inicialmente, para a subdivisão do município, foi realizada a **caracterização do território, combinando as características geoambientais (relevo), a disponibilidade de recursos hídricos, avaliada por meio da densidade de pequenos açudes, e a malha fundiária**. Essas informações foram oriundas de sensoriamento remoto, de base de dados espaciais e de dados coletados em campo, através de questionário preliminar. Dessa forma, garantiu-se a diversidade de situações dentro de cada região para posterior estratificação.

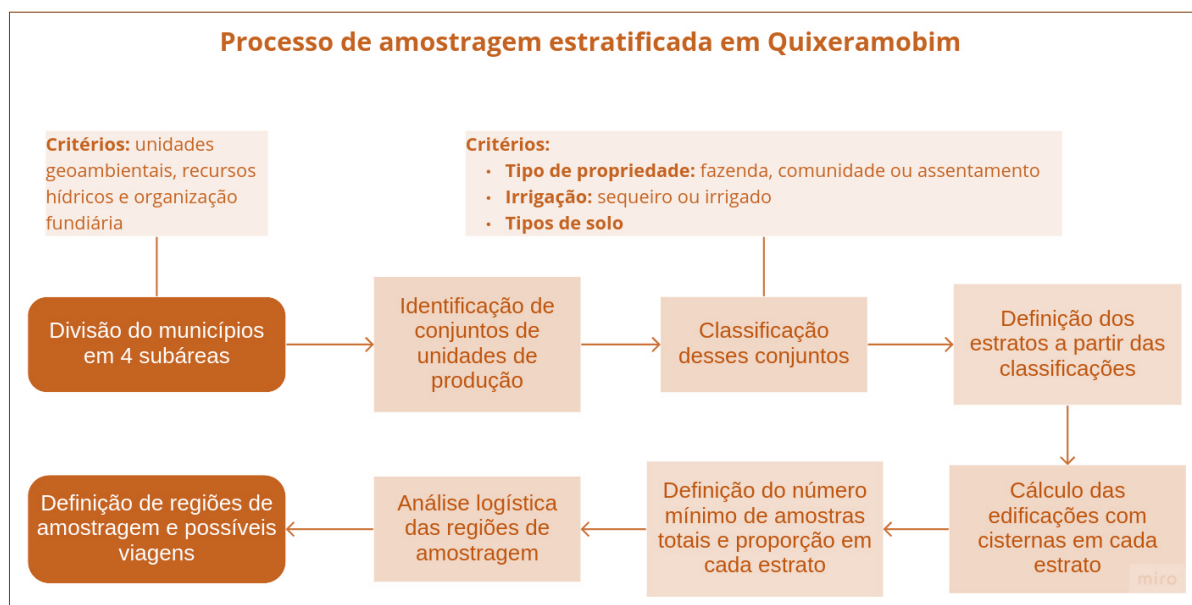


Figura 1. Processo de definição das áreas de amostragem para a aplicação dos questionários.

Segundo o zoneamento agroecológico (Figura 2) há quatro grandes sistemas agroecológicos no município: i) ambientes com relevo suave ondulado; ii) ambientes de relevo aplainado; iii) áreas de serras; e iv) planícies aluviais. Nos estudos realizados no projeto Premissa (Burte e Martins, 2020) foram identificados padrões de uso agrícola que estavam associados aos diferentes ambientes que compõem a região do rio Banabuiú. Por exemplo, nas áreas de planícies fluviais, onde há predomínio de Neossolos Flúvicos caracterizados pela melhor aptidão agrícola e condições hídricas, frequentemente o uso é direcionado à irrigação ativa ou passiva (vazantes). São áreas com maior disputa fundiária, com pequenas propriedades perpendiculares ao leito dos rios como uma estratégia para acessar água e também favorecer a irrigação.

As áreas de serras e de relevo suave ondulado, caracterizados por apresentar maiores declividades no terreno, predominam solos mais rasos, como Neossolos Litólicos e Luvisolos, com menor disponibilidade hídrica e também mais suscetíveis à erosão. Nessas áreas são identificadas tanto propriedades pequenas, com predominância de agricultura familiar e com cultivos de sequeiro associados à pecuária extensiva, como grandes latifúndios associados à atividade pecuária.

As áreas de relevo aplainado, onde predominam os Planossolos, são formadas por grandes áreas de planícies suscetíveis a saturação por água em períodos chuvosos e cuja fertilidade do solo é limitada por vezes pela elevada salinidade. Como efeito, são usadas predominantemente para pastagens. Nestas áreas predominam os grandes latifundiários e também assentamentos.

A avaliação dos recursos hídricos traz uma conotação ambiental, mas também social, pois visa entender a distribuição da água no território e assim democratizar o acesso à água para múltiplos usos por meio da construção de pequenos açudes e poços em toda a área da bacia. A construção de pequenos

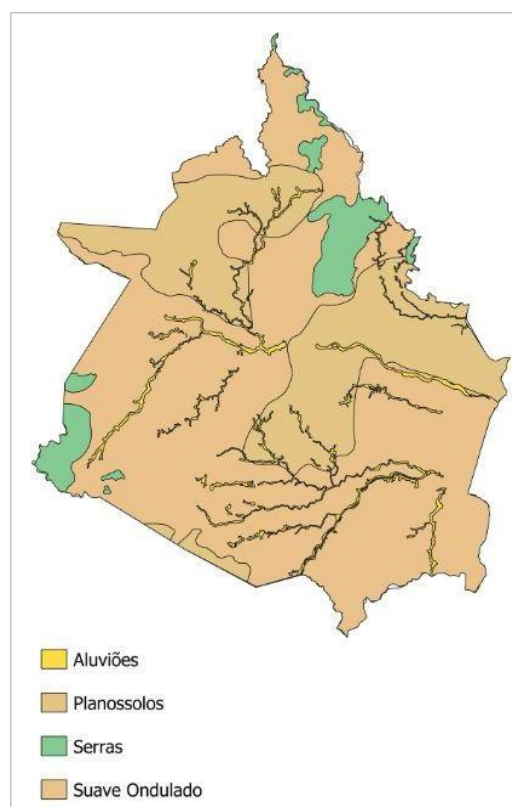
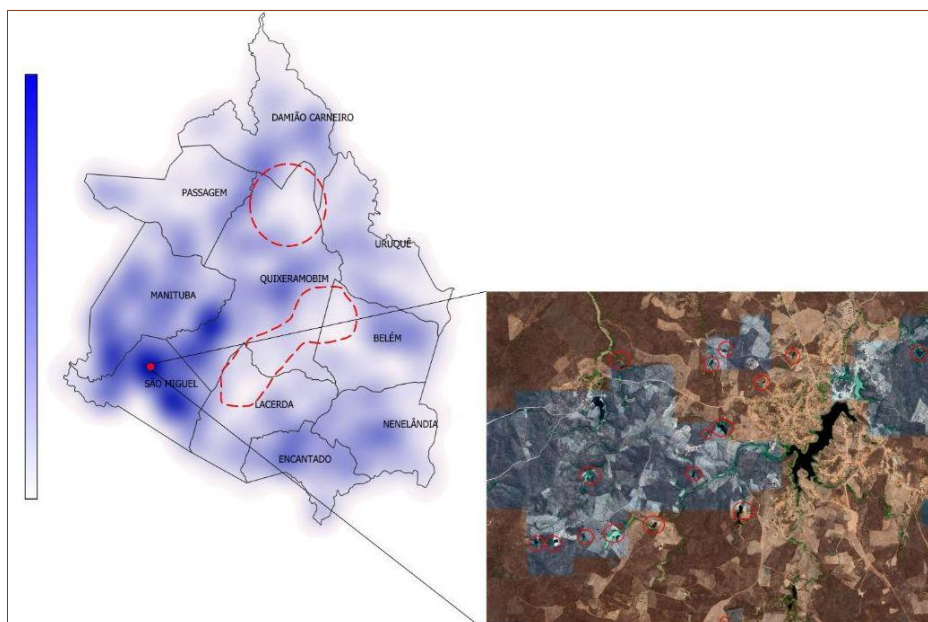


Figura 2 - Zoneamento agroecológico do município de Quixeramobim-CE.



açudes/barramentos está diretamente ligada à atividade produtiva, notadamente destinada à pecuária leiteira como foi mostrado no projeto Premissa e no produto 2 do projeto Sertões. Nesse sentido, avaliar a concentração desses pequenos açudes na região, também representou um importante critério. Para essa análise, foram utilizados os dados de barramentos desenvolvidos pela Funceme (Figura 3).



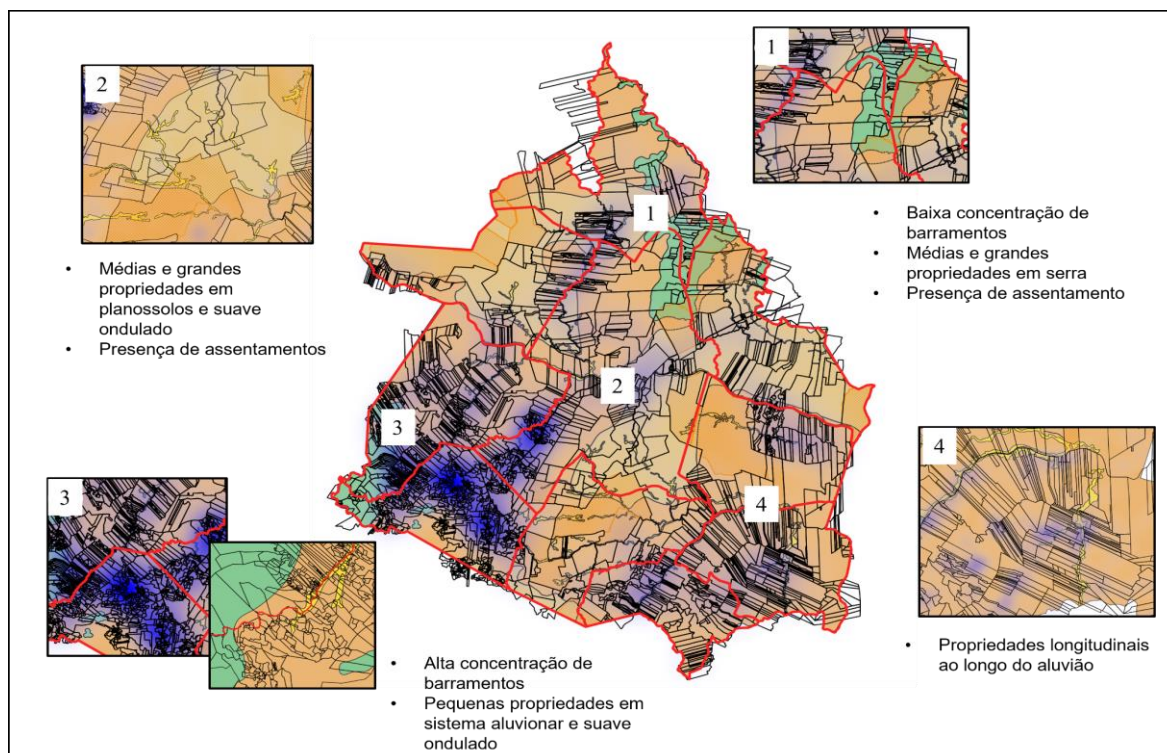
**Figura 3.** Densidade de açudes identificados no município de Quixeramobim-CE. Cores azuis representam maior densidade.

A partir de um conjunto de linhas dos barramentos foi feito um mapa de calor (estimativa de densidade de Kernel), que apresentou a distribuição desses barramentos no município. Verificamos dois aspectos importantes:

- a) O distrito de São Miguel tem a maior concentração de pequenos barramentos (imagens de satélite). Outras regiões, no limite do distrito sede de Quixeramobim e Manitiba também têm grande concentração; e
- b) A região entre os distritos de Quixeramobim e Uruquê (círculo em vermelho), referente à serra de Santa Maria, tem uma baixa concentração, assim como uma área central, entre os distritos de Quixeramobim - Belém – Lacerda (polígono em vermelho). Esta região corresponde a solos com afloramentos rochosos e ocupados por assentamentos.

Por meio de análise espacial e sobreposição das informações de malha fundiária, densidade de açudes e zoneamento agroecológico resultou na geração da Figura 4, com a separação de quatro grandes regiões.





**Figura 4.** Espacialização dos critérios socioambientais para o município de Quixeramobim e definição de regiões de interesse.

A região 1 contempla lotes com mais de 1.000 hectares, entre áreas coletivas e privadas, destacando-se as áreas em ambientes de serra. Na Serra de Santa Maria ocorre o predomínio de atividades de sequeiro e criação de gado leiteiro pelas famílias. Ainda nesta área foram identificados assentamentos, especificamente o assentamento Caraíbas.

Na região central (2) identificamos grandes propriedades em áreas com relevo aplainado e suave ondulado, com expressiva ocorrência de solos rasos e Planossolos associados à afloramentos rochosos, o que é uma limitação para a agricultura e com menor concentração de barragens. Como efeito, são áreas com predomínio de atividade pecuária.

A região 3, denominada de São Miguel, corresponde a uma área que também se destaca pela concentração de açudes e concentração de pequenas propriedades. Esta área engloba, também, uma área ao norte tanto para ter uma melhor distribuição espacial como para incorporar as áreas próximas ao açude Fogareiro (açude estratégico para o Estado e monitorado pela COGERH). Esta região incorpora áreas de serra, de relevo suave ondulado e de aluvião, com destaque para a região do vale do Forquilha. A bacia do riacho Forquilha representa uma área estratégica, em função dos vários trabalhos já realizados pela Funceme, o que fortalece a definição dessa região.

A região 4, denominada de Nenelândia, também se diferencia no que se refere à malha fundiária, com predominância de pequenas e médias propriedades, associadas à presença de planícies aluviais (próximo ao rio Banabuiú) com adensamento de propriedades agrícolas que recortam essas áreas e, mais ao sul da região, propriedades maiores associadas à maior concentração de açudes, onde prevalecem agricultura e pecuária.

Na etapa seguinte foram selecionados, dentro de cada uma das quatro regiões, 31 aglomerados populacionais potenciais. Em seguida foi realizada a classificação destes aglomerados com base em três critérios: i) tipos de propriedade (fazenda, comunidade ou assentamento); ii) presença ou ausência de irrigação e; iii) classes de solo predominantes.





das atividades realizadas, as fontes de energia utilizadas e o acesso à água. O Anexo I contém o questionário completo utilizado nas entrevistas em campo.

Os dados coletados na aplicação dos questionários foram compilados e armazenados num banco de dados relacional criado para este fim, o que permitiu a padronização e o acesso eficiente às informações.

### 3.5 Definição da tipologia de unidades de produção

A fim de caracterizar as principais formas de produção agrícola e de organização das unidades de produção em relação às suas práticas, seus insumos, seu acesso à água e sua organização social, foi realizado um agrupamento dessas unidades em diferentes tipos.

Os grupos (tipos) foram identificados por meio de uma análise estatística das variáveis coletadas nos questionários. Ao todo foram selecionadas trinta e duas variáveis, divididas em quatro categorias: estrutura, atividades, intensificação e contexto social (Figura 6).



Figura 6. Variáveis utilizadas, no processo de clusterização, para comparar as unidades produtivas.

Por meio da matriz de correlação foram verificados os índices de correlação e a significância entre si. A separação das unidades de produção em grupos homogêneos foi realizada através da análise de *cluster*, por ser uma ferramenta estatística estratégica para agrupar séries cujos dados apresentam comportamento semelhante. As análises de *clusters* estão divididas entre dois principais métodos: o agrupamento hierárquico e o não hierárquico. No agrupamento hierárquico, os clusters são criados numa estrutura de árvore, cuja ordem é determinada pelo algoritmo. Já no agrupamento não hierárquico, são escolhidos os centros dos clusters e então são calculadas as distâncias desses centros para os outros elementos, formando os clusters pela proximidade a esses centros.

Neste trabalho, os grupos tipológicos foram identificados a partir do método hierárquico de Ward. Neste método a medida de similaridade dos elementos do *cluster* é a soma do quadrado das distâncias entre os elementos. O *cluster* ideal é aquele que minimiza essa soma. Os vetores para aplicação do método Ward foram compostos por variáveis qualitativas binárias que descreviam as principais características das unidades de produção. Cada variável foi uma prática ou um insumo utilizado pelo produtor (valor 1) ou não (valor 0).

Após a definição dos *clusters*, os tipos foram identificadas numa segunda análise, de acordo com as características em comum dos membros de cada cluster (exemplo: produtores de hortaliças irrigadas, ou produtores intensivos de leite). As variáveis usadas para o agrupamento foram aquelas que mais discriminavam as unidades de produção, ou seja: produção de grãos de sequeiro; produção de silagem; criação de animais (corte/leite); irrigação; uso de herbicidas; uso de pesticidas; uso de maquinário (trator, forrageira etc.); e uso de fertilizantes orgânicos ou minerais.



### 3.6 Cálculo das Pegadas

#### 3.6.1 Pegada de carbono (PC)

A pegada de carbono (PC) foi calculada a partir de uma adaptação da ferramenta *TropiC Farm Tool* (RAKOTOVAO et al., 2017), que permite quantificar os saldos de emissões de carbono de cada unidade de produção, a partir da contribuição individual de cada uma das atividades agrícolas realizadas nesta unidade. Um esquema de unidade de produção, com suas respectivas atividades, é apresentado na Figura 7.

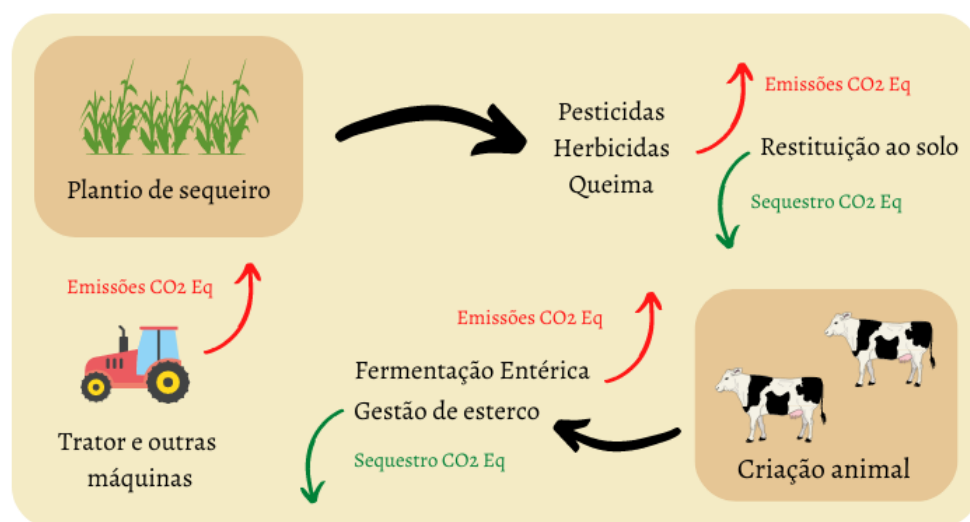


Figura 7. Esquema de unidade de produção com suas respectivas atividades e impactos sobre o balanço de carbono.

As informações coletadas nas entrevistas foram traduzidas em emissões e sequestro de C através de fatores de emissão (FE). Os FE utilizados neste trabalho são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores de emissão determinadas por atividades/insumos (IPCC 2016).

| EMISSOR          | FATOR DE EMISSÃO | UNIDADE                            |
|------------------|------------------|------------------------------------|
| Herbicida        | 23,31            | kg CO <sub>2</sub> Eq/kg           |
| Pesticida        | 18               | kg CO <sub>2</sub> Eq/kg           |
| Fertilizante (N) | 8,3              | kg CO <sub>2</sub> Eq/kg           |
| Queima           | 2,7              | g CO <sub>2</sub> /kg matéria seca |
| Trator (Diesel)  | 2,681            | kg CO <sub>2</sub> Eq/hora         |
| Bovino           | 31               | kg CH <sub>4</sub> /cabeça         |
| Vaca leiteira    | 59               | kg CH <sub>4</sub> /cabeça         |
| Porco            | 1                | kg CH <sub>4</sub> /cabeça         |

Para realizar o tratamento matemático do cálculo da PC, foram utilizados os três principais gases de efeito estufa oriundos do inventário realizado pelo IPCC (2006), que são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). No cálculo suas emissões foram ponderadas pelo potencial de aquecimento global que são, 1, 25 e 298, respectivamente. Assim, a PC foi expressa de acordo com a seguinte equação (Eq. 1):



$$PC \text{ (kg CO}_2 \text{ eq.)} = PC_A \text{ (kg CO}_2 \text{ eq.)} + PC_P \text{ (kg CO}_2 \text{ eq.)} \quad \text{Eq. 1}$$

onde,  $PC_A$  é o valor de PC proveniente das atividades agrícolas; e  $PC_P$  representa a PC proveniente das atividades pecuárias, todas expressas em kg CO<sub>2</sub> equivalente.

A determinação da  $PC_A$  é dada na equação Eq. 2:

$$PC_A = \frac{E_{TA} - S_{TA}}{Y_A} \quad \text{Eq. 2}$$

onde,  $E_{TA}$  mostra a parcela das emissões proveniente das atividades agrícolas,  $S_{TA}$  é referente ao CO<sub>2</sub> que é restituído ao solo e  $Y_A$  demonstra a produtividade agrícola, expressado em kg ano<sup>-1</sup>. A determinação de  $E_{TA}$  é determinada a partir da equação seguinte (Eq. 3):

$$E_{TA} = E_P + E_H + E_F + E_M + E_Q + E_C \quad \text{Eq. 3}$$

visto que  $E_P$  (emissão por pesticidas),  $E_H$  (emissão por inseticidas),  $E_F$  (emissão por fertilizantes),  $E_M$  (emissão por máquinas agrícolas),  $E_Q$  (emissão por queima da biomassa) e  $E_C$  (emissão por aplicação de calcário) foram determinadas pelas equações seguintes (Eq. 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10):

$$E_P = \sum_{i=1}^n G_{p_i} \times F_{e_i} \quad ; n = \text{números de tipo de Pesticidas} \quad \text{Eq. 4}$$

$$E_H = \sum_{i=1}^n G_{H_i} \times F_{e_i} \quad ; n = \text{números de Herbicidas} \quad \text{Eq. 5}$$

$$E_F = \sum_{i=1}^n G_{F_i} \times F_{e_i} \quad ; n = \text{números de Fertilizantes} \quad \text{Eq. 6}$$

$$E_M = \sum_{i=1}^n T_i \times F_i \quad ; n = \text{números de máquinas} \quad \text{Eq. 7}$$

$$E_Q = G_Q \times F_e \quad \text{Eq. 8}$$

$$E_C = G_C \times F_C \quad \text{Eq. 9}$$

$$S_{TA} = \text{Estrume} + \text{Resíduos da Cultura} \quad \text{Eq. 10}$$

onde:  $E_P$ ,  $E_H$ ,  $E_F$ ,  $E_M$ ,  $E_Q$ ,  $E_C$  indicam as emissões provenientes do uso de pesticidas, herbicidas, fertilizantes, maquinário, queima de biomassa e calagem, respectivamente;  $G$  indica a quantidade usada. No caso da queima de biomassa,  $G$  representa a quantidade de massa queimada. Essa quantidade é expressa em kg CO<sub>2</sub> equivalente.

A variável  $T$  indica as horas usadas por cada maquinário; e  $F$  é o fator de emissão para cada produto e no caso do maquinário será levado em conta a potência e queima de combustível fóssil na conversão desses fatores. A variável  $S_{TA}$ , da equação 10, é usada quando ocorre aplicação de esterco e resíduos provenientes do cultivo no solo e também é expresso em kg de CO<sub>2</sub> equivalente.

A pegada de C proveniente da atividade pecuária ( $PC_P$ ) pode ser demonstrada de acordo com a seguinte equação (Eq. 11):

$$PC_P = \frac{E_{TP}}{Y_P} \quad \text{Eq. 11}$$





Visto que os valores de  $E_{TP}$  e  $Y_P$  são determinados pelas equações Eq. 12 e Eq. 13, respectivamente:

$$E_{TP} = E_{Entérica} + E_{Gestão\ do\ Estrume} \quad \text{Eq. 12}$$

$$Y_P \text{ (kg ano}^{-1}\text{)} = \textit{Produtividade Leiteira (Litros/Ano)} \quad \text{Eq. 13}$$

onde:  $E_{Entérica}$  mostra a emissão de  $CO_2$  proveniente da atividade entérica de cada animal (bovino). Nesse caso (Eq. 14):

$$E_{Entérica} = \sum_{i=0}^n (Q_i \times F_i) \quad \text{Eq. 12}$$

onde,  $Q_i$  quantidade de animais e  $F_i$  fator de emissão em uma determinada classe (Bezerro, Vaca Leiteira e Gado para Corte); e  $E_{Gestão\ do\ Estrume}$  representa a emissão proveniente do manejo do esterco ou estrume na unidade produtiva.

No final com todos os parâmetros mostrados anteriormente será possível calcular a Pegada de Carbono através da equação (1), expresso em kg de  $CO_2$  equivalente por ano.

### 3.6.2 Pegada hídrica (PH)

No contexto das atividades agropecuárias avaliadas neste estudo, constituem-se como principais fontes de pegada hídrica (PH) a evapotranspiração dos cultivos e o consumo de água dos rebanhos. A evapotranspiração dos cultivos diferencia-se em duas porções: (i) aquela proveniente da umidade natural do solo recarregado unicamente pelas chuvas; e (ii) aquela proveniente da suplementação hídrica via irrigação.

Quando não há irrigação observa-se apenas a componente da evapotranspiração proveniente da umidade natural do solo. Nesses casos, a evapotranspiração depende apenas da cultura, da condição climática e das propriedades do solo. Desse modo, o consumo de água por unidade de área cultivada de sequeiro ou vazante foi calculado via modelagem agrícola, utilizando a climatologia da região e as informações disponíveis sobre o tipo de solo. Foi utilizado o modelo CROPWAT para a modelagem agrícola, segundo a recomendação do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (HOEKSTRA et al., 2011).

No caso dos cultivos irrigados, soma-se à pegada o volume de água adicional disponibilizado à planta via irrigação. Esse volume de água é calculado a partir da vazão do sistema de irrigação, do tempo e da frequência de irrigação. A vazão pode ser medida diretamente ou a partir da potência e eficiência da bomba e de estimativas da perda de carga no sistema, conforme a equação Eq. 13:

$$Q = \frac{P \times \eta}{H \times \gamma} \quad \text{Eq. 13}$$

onde  $Q$  é a vazão,  $P$  é a potência elétrica da bomba,  $\eta$  é a eficiência da bomba,  $H$  é a perda de carga manométrica no sistema e  $\gamma$  é o peso específico da água.

Dessa forma, a pegada hídrica por unidade de área cultivada será calculada como (Eq. 14):

$$PH_s = ET_{nat} + \frac{VI}{S} \quad \text{Eq. 14}$$

onde  $PH_s$  é a pegada hídrica por unidade de área;  $ET_{nat}$  é a evapotranspiração da cultura por unidade de área, considerando apenas a umidade natural;  $VI$  é o volume de água de irrigação; e  $S$  é a superfície plantada.

A PH por unidade de área pode ser convertida em pegada por produção ou por valor monetário produzido, em função das equações aplicadas a seguir (Eq. 15 e 16):



$$PH_p = PH_s \div \frac{P}{S} \quad \text{Eq. 15}$$

$$PH_v = PH_p \div pr \quad \text{Eq. 16}$$

onde  $PH_p$ ,  $PH_v$  e  $PH_a$  são, respectivamente, a pegada hídrica por produção, por valor monetário ou por área;  $P$  é a produção;  $S$  é a superfície plantada;  $\frac{P}{S}$  é a produtividade; e  $pr$  é o preço de uma unidade produzida.

Por sua vez, a pegada hídrica da pecuária será calculada considerando o número de cabeças de gado por estágio de vida, conforme a Tabela 2:

**Tabela 2.** Consumo de água de dessedentação por estágio de vida do bovino.

| Estágio de vida do bovino         | Consumo (L/dia/animal) |
|-----------------------------------|------------------------|
| Vaca em lactação                  | 64                     |
| Vaca e novilha no fim da gestação | 51                     |
| Vaca seca e novilha gestante      | 45                     |
| Bezerro lactante                  | 12                     |

Fonte: Palhares (2013).

O consumo total de água do rebanho será calculado em função da equação seguinte (Eq. 17):

$$CH = \sum_e (c_e \times n_e) \quad \text{Eq. 17}$$

Onde  $CH$  é o consumo total de água do rebanho;  $c_e$  é o consumo de referência de um animal no estágio  $e$ ; e  $n_e$  é o número de animais no estágio  $e$ .

A PH por litro de leite ou por valor monetário produzido pode ser calculada pelas seguintes equações (Eq. 18 e 19):

$$PH_p = CH \div P \quad \text{Eq. 18}$$

$$PH_v = PH_p \div pr \quad \text{Eq. 19}$$

Onde  $PH_p$  e  $PH_v$  é, respectivamente, a pegada hídrica por litro de leite e, por valor monetário;  $P$  é a produção total de leite; e  $pr$  é o preço do litro de leite.

### 3.6.3 Pegada energética (PE)

A pegada energética (PE) será quantificada a partir do consumo de energia do maquinário utilizado no processo produtivo, a partir de sua potência nominal e seu tempo de utilização.

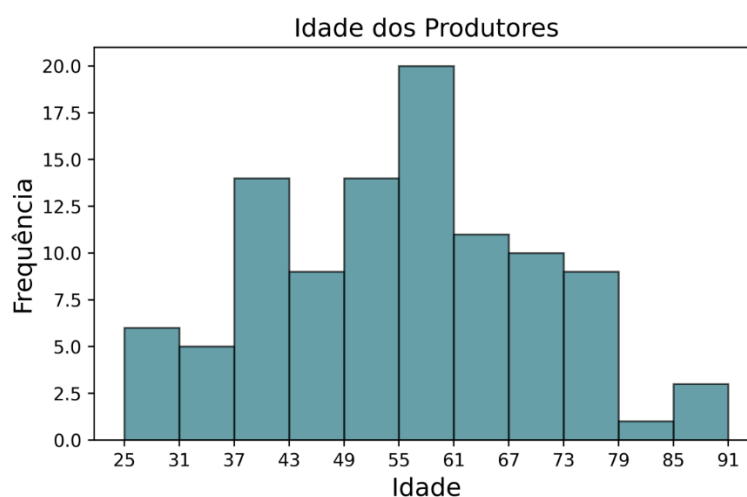


## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização dos entrevistados

#### 4.1.1 Aspectos sociais e infraestrutura

No município, o uso e exploração das atividades desempenhadas são realizadas majoritariamente por homens, que correspondem a cerca de 96% dos entrevistados, e cuja idade média é de 55 anos. Predominam proprietários da terra, seguidos por assentados e posseiros. Apenas um entrevistado era agregado (Figura 8).

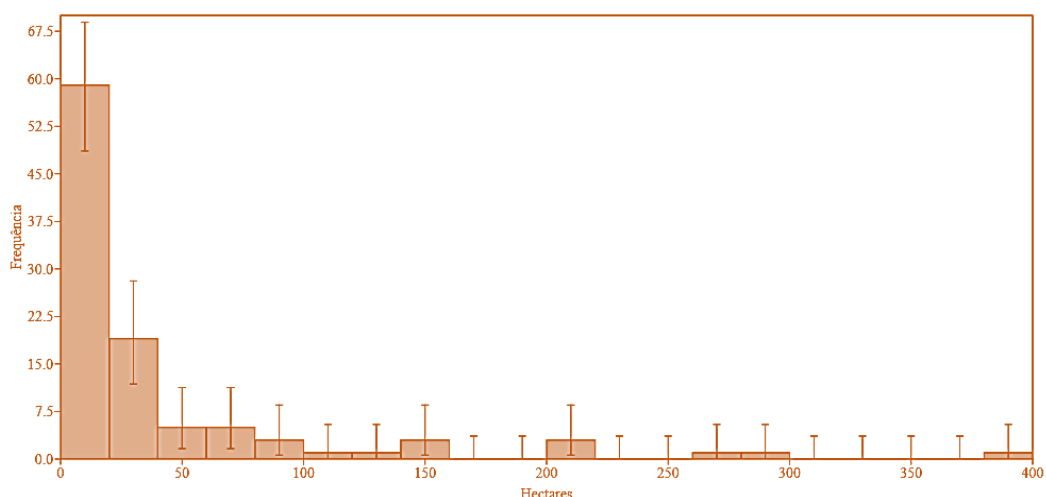


**Figura 8.** Distribuição da idade dos entrevistados no município de Quixeramobim.

Água encanada está presente em 96% das casas dos entrevistados, que é usada predominantemente para abastecimento das casas (consumo humano), embora em alguns casos seja destinada a uso animal (26%) ou irrigação doméstica (8%). Essa água é, em grande parte, proveniente de açudes comunitários ou privados. Em relação aos açudes, estes são usados por 44% dos entrevistados e seu uso é misto, com foco para distribuição para o gado. Quando questionados sobre a intenção de cavar um poço ou construir um açude, mais de 50% dos entrevistados relatou que têm interesse e o principal objetivo é fornecer água para os animais.

Água de cisternas de chuva também é uma importante fonte hídrica presente em 95% das casas, sendo destinada, principalmente, ao consumo humano. A água proveniente de poço ocorre em 33% das residências, destinada mais para atividades agropecuárias. O caminhão pipa é importante e já foi usado ao menos uma vez por 26% dos entrevistados, destinado, majoritariamente, ao consumo humano quando há escassez de outras fontes hídricas.

60% das propriedades são de menos de 20 ha e, à medida que aumentam as áreas totais das propriedades, reduz a frequência (Figura 9). Unicamente 3 propriedades têm mais de 250 ha. Como consequência, a área cultivada também apresenta variações, com máxima, mínima e média de 40,0; 0,3 e 5,5 ha, respectivamente.



**Figura 9.** Distribuição da frequência em função da área total das propriedades.

O consumo de energia por residência é variável, em função do tamanho da propriedade e atividades realizadas, como por exemplo, presença de bomba para abastecimento de água na residência e a presença de tanque de refrigeração de leite, dentre outros. Os valores médios, mínimos e máximos são de 249, 30 e 2000 reais, respectivamente. A presença de placas de energia solar foi identificada em apenas duas residências.

Dentre as políticas públicas e programas sociais, destacam-se o “programa de cisternas” que beneficia 75% dos entrevistados, o “hora de plantar” (68%), com distribuição de sementes aos agricultores, e o “bolsa família” (51%). Ocorrem, mas em menor proporção, o seguro safra, utilizado por 49% dos entrevistados, e assistência técnica (42%). A renda principal provém da atividade agrícola e, ou, pecuária em 93% das residências e, em cerca de 67% dos casos, têm ao menos uma pessoa cuja renda provém da aposentadoria. Além disso, outras atividades como empregos formais, informais e, ou temporários (agrícolas ou não), dentre outras atividades remuneradas complementam a renda em 54% das famílias entrevistadas.

#### 4.1.2 Agricultura

Dentre os cultivos realizados no município, destaque maior é dado para o milho (94% dos entrevistados), uma vez que é usado tanto para alimentação humana como animal na forma de silagem ou grão, além da comercialização, seja por valor monetário, outro produto ou mesmo algum tipo de serviço, movimentando a economia local. O cultivo de milho é às vezes associado ao plantio de feijão na forma consorciada.

O plantio do milho geralmente ocorre entre janeiro e março, após as primeiras chuvas e em seguida ao preparo do solo. Comumente o pré-plantio é feito com aração utilizando trator, enquanto a semeadura é manual, mas ocorrem casos em que o cultivo de milho é totalmente mecanizado. O período de colheita é mais variável, principalmente em função da finalidade, sendo em março para os plantios mais precoces destinados à silagem, e em setembro, quando o plantio é mais tardio e o milho é para grãos. A produtividade do milho grão varia de 120 a 21000 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 2200 kg ha<sup>-1</sup> e a taxa de autoconsumo predominante varia entre 50 e 100%. A produtividade do milho silagem varia de 200 a 33.750 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 12.358 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a maioria das produções totalmente convertidas para autoconsumo.

O sorgo também é muito cultivado visando a produção de silagem e é totalmente direcionado para o autoconsumo do gado. Com frequência o cultivo inicia tardiamente, comparado com o milho, entre janeiro e maio, uma vez que o sorgo se caracteriza pela grande tolerância ao déficit hídrico (SOUSA et al., 2017). A colheita ocorre entre junho e julho, com produtividade média de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

O capim é destinado para o fornecimento de alimento para o gado ao longo do ano. Além disso, é observada uma diversificação do sistema de produção. Comumente é cultivado em áreas de vazante, nas margens dos



açudes. No entanto, também foram observados cultivos de capim irrigados e/ou em consórcio com outras culturas. Comumente é usado como forragem *in natura* para o gado, mas também é usado para silagem.

Apesar de pequena, ocorre a diversificação da atividade agrícola no município. Cerca de 11% dos entrevistados cultivam palma, comumente em áreas reduzidas (de até 2 ha) de campo e sem irrigação. Frutíferas como mamoeiros, mangueiras, bananeiras e coqueiros também são cultivadas, identificadas por apenas dois entrevistados, localizados no vale do Forquilha. Esses cultivos são associados ao uso de irrigação e de fertilizantes minerais e/ou orgânicos (esterco).

O cultivo de batata-doce, mandioca, tomate, pimentão, coentro, cebolinha e fava é realizado por 22% dos entrevistados. A fava geralmente em consórcio com outras culturas (milho e feijão), em plantio de sequeiro, enquanto as demais estão associadas a áreas irrigadas. Os cultivos de tomate e pimentão são realizados com aplicação, geralmente alta, de fertilizantes minerais (NPK). Outros cultivos como algodão, cana de açúcar e mandioca forrageira também foram observadas em diferentes sistemas de cultivo.

### 4.1.3 Pecuária

Todos os entrevistados desenvolvem alguma atividade pecuária, como a criação de suínos, caprinos, ovinos e de galinhas, geralmente para subsistência. No entanto, a maioria dos entrevistados possui criação de gado de leite (58%), cujos manejos e finalidades são distintos, enquanto gado de corte contribui com cerca de 9%. O número médio de cabeças de gado é 33, variando entre 1 e 199 animais. A raça predominante é mestiça, ocorrendo também nelore, para gado de corte, e girolando ou holandês em produções de leite.

A criação é predominantemente extensiva, seja em pastagens ou mesmo em área de caatinga esparsa, com água disponível de açudes. Nos períodos de seca, geralmente a alimentação é complementada com silo, capim (colhidos nas áreas de vazante ou irrigadas), palma, cana e/ou mandioca forrageira. As vacas em lactação recebem complementação alimentar com ração balanceada.

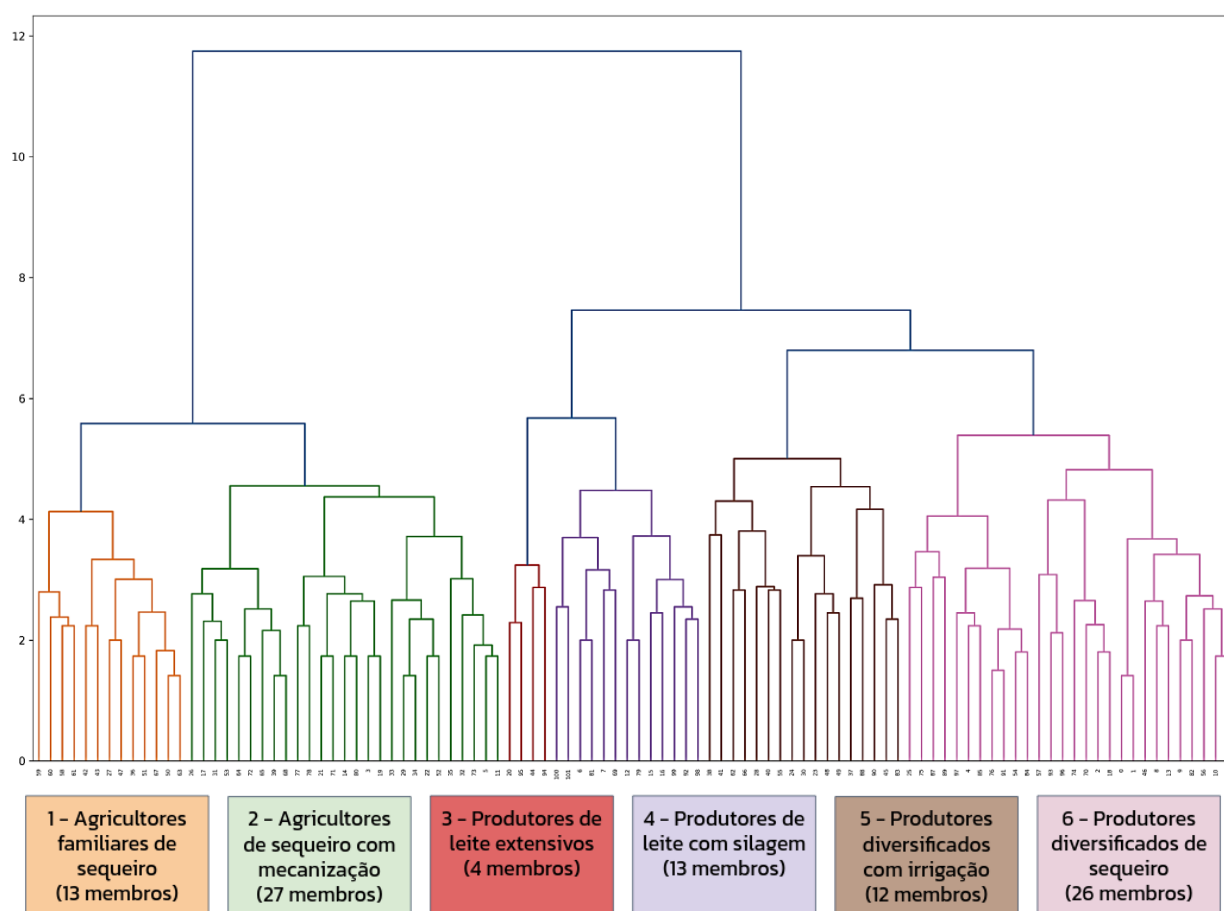
O leite produzido é comercializado para atravessadores, que recolhem e armazenam o leite de pequenos produtores em tanques refrigerados. Uma proporção da produção também é comercializada diretamente com a indústria privada, com destaque para o laticínio da Bethânia, e, em menor proporção, comercializados com cooperativas, diretamente com o consumidor (*in natura*) ou pequenos laticínios para produção de queijos e/ou doces.

De acordo com Conrado et al. (2019) e Paes et al. (2023), a pecuária é uma atividade fundamental para a geração de renda e trabalho dentro do município de Quixeramobim, haja vista que ter uma maior resistência a eventos de seca, quando comparado aos sistemas agrícolas, que tendem a sofrer mais com essas situações. Porém, o desenvolvimento da pecuária leiteira deve ser avaliado com cuidado, pois nem sempre o produtor apresenta aptidão e/ou capacitação técnica e profissional para a produção eficiente dentro de sua propriedade que, por vezes, pode resultar na baixa produtividade e baixa sustentabilidade do sistema de produção por causa da falta de melhoramento genético entre outros fatores.

### 4.2 Tipologia das unidades produtivas

Como a técnica de clusterização utilizada é hierárquica, as primeiras divisões separaram os grupos mais distintos entre si. Nas divisões seguintes, diferenças mais sutis separam os grupos de unidades produtivas (Figura 10). Na primeira divisão, separaram-se os grupos onde predomina a agricultura de sequeiro, dos demais grupos, onde a pecuária leiteira é parte relevante da produção. A presença de atividades combinadas, como a agricultura irrigada, e a prevalência de estratégias produtivas (p.e. a produção de silagem ou uso de herbicida em substituição ao trator) explicam as divisões em menor nível.





**Figura 10.** Dendrograma da clusterização das unidades produtivas levantadas por entrevista.

A partir da clusterização, foram obtidos seis grupos (Figura 10). O grupo 1 é dedicado principalmente à produção de milho grão, feijão e fava em sistemas de sequeiro, cultivados em áreas pequenas, com média total de 4 ha e cujo cultivo geralmente é feito em área reduzida, com cerca de 2 ha, sem irrigação. Geralmente utilizam trator com arado para preparo do solo, mas as demais práticas de manejo como plantio, manejo de plantas daninhas e colheita são realizadas manualmente. Comumente fazem uso de herbicidas, enquanto inseticidas o uso é pequeno. Não fazem uso de fertilizantes sintéticos e comumente não aplicam esterco nos cultivos. A produção obtida é destinada para autoconsumo. Ainda, neste grupo, a atividade pecuária se resume à criação de animais de pequeno porte como ovinos, caprinos, suínos e aves para subsistência.

A mão de obra é majoritariamente familiar e possuem acesso às políticas públicas dos programas de cisternas e hora de semear. Assistência técnica é comum para integrantes deste grupo. Fontes de remuneração são mistas, derivando de atividade agrícola, auxílios governamentais e aposentadoria.

O grupo 2 é semelhante ao grupo 1, caracterizando-se pela presença de produtores dedicados à produção de grãos de sequeiro, como milho e feijão, destinados, geralmente, para o autoconsumo. A área média total também é reduzida, de aproximadamente 3 ha, predominantemente o cultivo em área de campo de sequeiro. No que diz respeito às práticas agrícolas, existem no grupo a ausência de pousio da terra entre os plantios e o uso limitado de defensivos agrícolas. O trator é empregado para o preparo do solo, mas não de forma abrangente entre os produtores deste grupo.

Quando possuem cabeças de gado, estas são em quantidade reduzida (em média até 20 animais), cujo gado mestiço é criado solto no pasto natural e ou campo, havendo complementação da alimentação com capim cultivado em área de vazante. A produção de leite é pequena, geralmente feita para atravessadores. No contexto social, observa-se o uso predominante de mão de obra familiar, com eventual assistência



temporária de trabalhadores externos, além de um acesso limitado às políticas públicas e à assistência técnica rural.

O grupo 3 é caracterizado, principalmente, pela produção extensiva de gado leiteiro e de corte. Diferencia-se dos demais grupos por apresentar propriedades com grandes áreas de terra, cuja média é de 190 ha. Os cultivos realizados pelos agricultores deste grupo, como o milho grão e capim, são destinados para a alimentação animal. Estes cultivos são realizados em grandes áreas com uso de herbicidas, pesticidas e, eventualmente, com emprego de fertilizantes minerais e de irrigação. Não há a presença de silagem ou produção de fontes alternativas para alimentação animal, como a palma. É recorrente o emprego de queimadas no pré-plantio e o manejo das áreas cultivadas é realizado com trator, tanto no preparo do solo quanto no plantio e na colheita. Realizam pousio, mas não abrem novas áreas para o plantio.

Apesar de ser o grupo com maior número de animais, cuja média total é de 80 cabeças de gado e a produtividade média de leite é de aproximadamente 14 L/vaca/dia, apresenta maior diversificação da atividade pecuária, com criação de gado de corte além de caprinos e ovinos. O acesso à água é marcado pela presença de açudes e poços. Em relação à renda dos produtores, há comercialização da produção, grande número de assalariados e aposentados. No aspecto social, há contratação de mão de obra externa, no entanto, os membros do grupo não participam de associações de produtores e não possuem um grande número de políticas públicas.

O grupo 4 destaca-se pela atividade de produção de leite, diferenciando-se do grupo 3 pela especialização das unidades de produção no leite, diversificação das fontes de alimentação animal e área média total das propriedades reduzidas. A prática da agricultura é voltada para a produção de insumos destinados à alimentação animal, com plantio de palma, silagem e capim, além de áreas destinadas também ao plantio de feijão, para autoconsumo. O manejo das áreas cultivadas é realizado com trator, tanto no preparo do solo quanto no plantio e na colheita. Os membros desse grupo caracterizam-se por realizar pousio e costumam utilizar pesticidas e fertilizantes orgânicos. Quando realizam a abertura de novas áreas para o plantio, geralmente submetem a queima. Grande parte dos membros do grupo realizam comercialização da produção.

No grupo 4 predomina atividade pecuária leiteira, com número médio de 30 cabeças de gado e produção média de leite de 8 L/vaca/dia. O acesso à água é marcado pela presença de açudes e poços. No aspecto social, os membros do grupo se organizam por meio de associações e possuem um moderado acesso à políticas públicas.

O grupo 5 caracteriza-se pela maior diversificação da produção e tecnificação, com cultivo de frutas como coco, mamão, banana e manga, além de hortaliças como pimentão e tomate, todos irrigados. Também realizam o cultivo de milho (grão e silagem) e feijão. O uso do solo, geralmente, se divide entre pasto e plantio de culturas de interesse agrícola. Faz-se uso de mecanização e insumos agrícolas para otimizar a produção, como adubo orgânico e minerais (como NPK e micronutrientes) e defensivos agrícolas, principalmente em cultivos de milho e feijão.

A pecuária se resume à produção de leite com número médio de 38 cabeças de gado e produção média de 9 L/vaca/dia. Além disso, a diversificação dos sistemas de produção também se aplica à alimentação animal, com produção de capim, tanto em área de vazante como irrigada, de cana de açúcar e de sorgo para silagem. O acesso à água é viabilizado por meio de açudes e poços e a irrigação é utilizada na maioria das propriedades, configurando uma prática predominante. Este grupo possui relação com a comunidade através da participação de organizações sociais e se destaca pelo preponderante acesso à políticas públicas. Há relevante contratação de mão de obra externa de forma complementar a familiar.

O grupo 6 é caracterizado pela produção diversificada de culturas de sequeiro. Predomina a produção de milho, destinada para grãos, podendo ser também para silagem. O feijão é cultivado somente para subsistência. Quando o capim é cultivado, pode ser em área de vazante ou em área de campo irrigado. Outras



culturas como palma, sorgo e macaxeira forrageira podem ocorrer visando complementar a alimentação animal. A mecanização agrícola se resume ao preparo do solo, com uso do trator para aração do solo. Adubação é feita com uso de esterco, além do uso recorrente de inseticidas e/ou herbicidas. Os sistemas irrigados ocorrem neste grupo, mas com pequena expressividade.

A atividade pecuária leiteira é importante, com média de 19 cabeças de gado, predominando gado mestiço e produção média de leite por animal de 10 L/dia. A comercialização do leite é feita por atravessadores. Diferentemente do grupo 5, o grupo 6 não possui acesso a poços profundos e isso resulta em maior utilização da água dos açudes. Há grande quantidade de produtores que realizam a comercialização da produção. No aspecto social, o grupo faz uso de mão de obra majoritariamente familiar e acesso às políticas públicas.

A fim de caracterizar de maneira objetiva os seis grupos e permitir o cálculo das pegadas, foram montados ideótipos de unidade produtivas, representativos de cada grupo. Foram atribuindo valores numéricos para as características dos ideótipos, incluindo estrutura, escala, práticas e insumos. Tais valores numéricos foram identificados a partir das condições predominantes ou condições médias em cada grupo. Os ideótipos e os valores numéricos que os caracterizam são descritos no ANEXO 2.

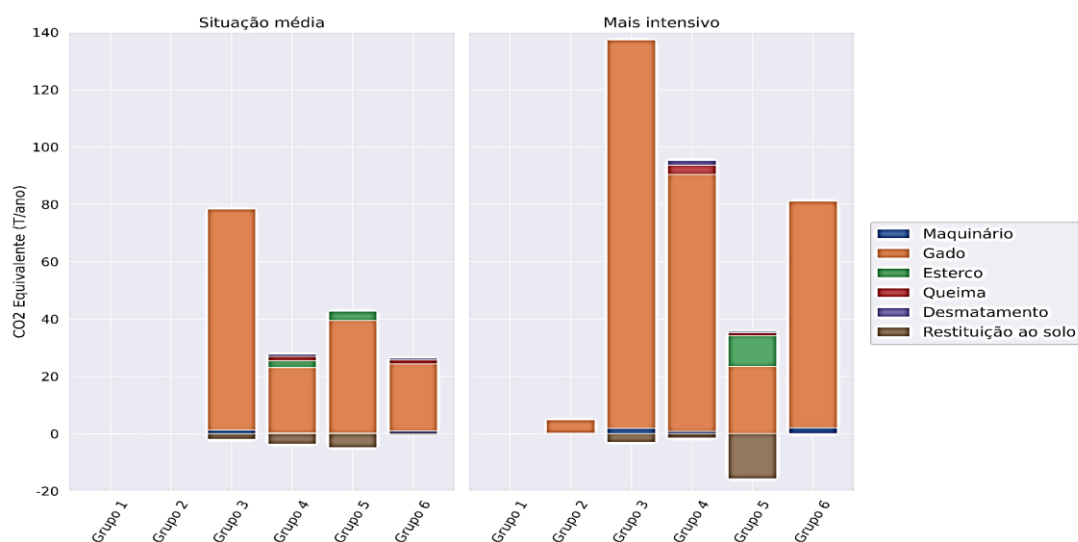
### 4.3 Pegadas

Com o objetivo de caracterizar as pegadas de carbono de cada ideótipo (grupo), os resultados são mostrados considerando uma situação média e uma situação intensiva, onde, para esta última, é apresentada a pegada de carbono do elemento de maior atividade de cada grupo. Na análise, as pegadas de carbono são calculadas a partir de emissões diretas e indiretas, e pegadas hídricas são calculadas referentes à irrigação, ao consumo animal e evapotranspiração. Para os ideótipos que tem a pecuária como uma de suas principais atividades, foi calculada a pegada de carbono por litro de leite.

#### 4.3.1 Pegada de carbono

A Figura 11 mostra a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente (T/ano) para a situação média (esquerda) e para a mais intensiva (direita) em cada um dos seis tipos, considerando os seguintes aspectos: maquinário, gado, esterco, queima, desmatamento e restituição ao solo. Notou-se, de maneira geral, que para as duas situações, há uma relação direta entre a atividade pecuária (gado) e as emissões de CO<sub>2</sub>, uma vez que essa é uma característica presente nos grupos 3, 4, 5 e 6. Grande parte desses grupos citados também desenvolvem atividades voltadas à agricultura, portanto, a queima e a utilização de maquinário são atividades que também contribuem com as emissões.

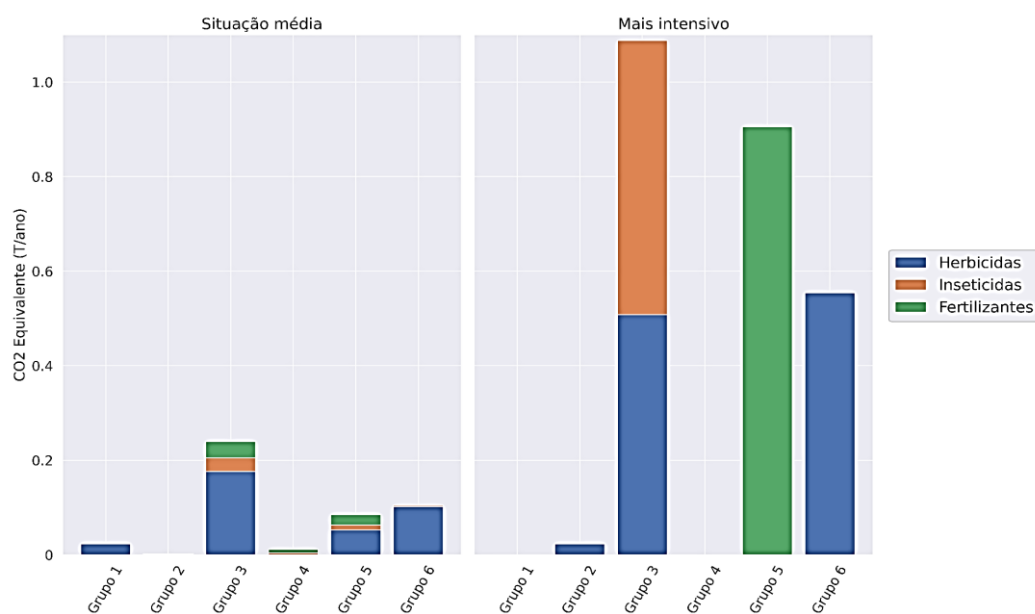
Em contrapartida, verificou-se que os grupos que fazem uso de esterco para adubação, conseguiram ter uma maior restituição ao solo, como no caso do grupo 5. Quanto à prática de desmatamento, foram identificados valores baixos referentes às emissões de CO<sub>2</sub> em relação às demais práticas. Já os grupos 1 e 2, que são exclusivamente agrícolas e de subsistência, praticamente não apresentaram emissões diretas.



**Figura 11.** Emissões diretas: Quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente (T/ano) para cada um dos seis grupos para uma situação média (à esquerda) e para a mais intensiva (à direita) considerando os seguintes aspectos: Maquinário, Gado, Esterco, Queima, Desmatamento e Restituição ao solo.

A Figura 12 mostra as emissões indiretas de CO<sub>2</sub> equivalente (T/ano) para a situação média e mais intensiva dos seis grupos, referente ao uso de herbicidas, inseticidas e fertilizantes. Ressalta-se que os valores de emissão indireta são significativamente menores do que os de emissões diretas. Em média, os grupos 3 e 5 são os que mais contribuem para as emissões indiretas. Verificou-se que o uso de herbicida é a prática que gera maior emissão indireta de CO<sub>2</sub>, associado à propriedades com maior número de hectares cultivados.

Considerando os casos intensivos (Figura 12 à direita), verificou-se que os grupos 3, 5 e 6 são os que mais emitem CO<sub>2</sub> de forma indireta. A origem dessas emissões varia conforme os grupos: o grupo 3 tem emissões indiretas associadas ao uso de herbicidas e inseticidas, enquanto o grupo 5 tem emissões indiretas associadas apenas ao uso de fertilizantes químicos, e o grupo 6 apenas ao uso de herbicidas. As emissões indiretas associadas ao uso de fertilizantes no grupo 5 podem ser justificadas pela maior diversidade de produção deste grupo. Os demais grupos não apresentaram emissões indiretas significativas.



**Figura 12.** Emissões indiretas: Quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente (T/ano) dos seis grupos para uma situação média (à esquerda) e para a mais intensiva (à direita) considerando os seguintes aspectos: Herbicidas, Inseticidas e Fertilizantes.



Para os grupos 3, 4, 5 e 6, que tem a pecuária como uma de suas principais atividades, foram calculadas emissões de CO<sub>2</sub> equivalente por litro de leite. A Figura 13 mostra as emissões de CO<sub>2</sub> (kg/L) para os quatro grupos. De modo geral, os valores encontrados são maiores do que 2000 kg/L. O grupo 3 é o que apresenta a maior emissão, cerca de 5600 kg/L.

Este resultado indica menor eficiência do sistema produtivo do grupo 3 em relação às emissões de CO<sub>2</sub>, uma vez que ocorre maior emissão de equivalente CO<sub>2</sub> para cada litro de leite produzido. Em parte, este resultado está associado ao maior número de cabeças de gado em sistema extensivo de pastagem, além de grandes áreas destinadas ao cultivo do milho. Para os demais grupos (4, 5 e 6), as taxas de emissão são semelhantes. O grupo 6 é o que apresenta o menor valor, o que indica maior eficiência no sistema de produção em relação à pegada de CO<sub>2</sub> por litro de leite, e demonstra o interesse da diversificação de atividades para a eficiência carbono.

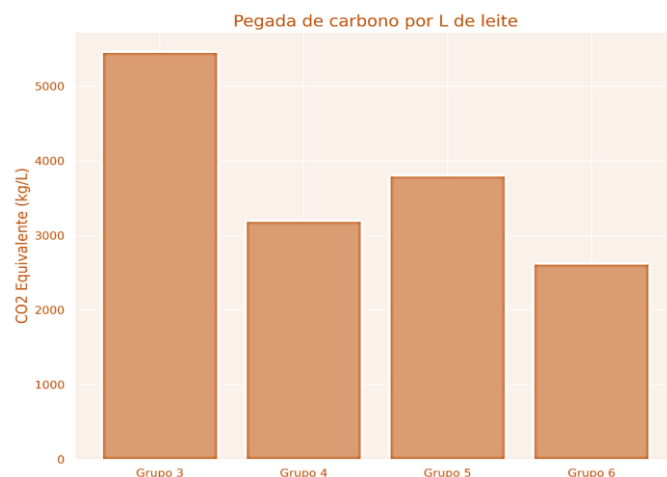


Figura 13. Quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente (kg/L) por litro de leite para os grupos 3, 4, 5 e 6.

### 4.3.2 Pegada hídrica

A Figura 14 mostra a pegada hídrica considerando apenas a irrigação e o consumo animal para os seis grupos. Com base nela, pode-se verificar que a situação média é maior na irrigação no consumo de água animal no grupo 5, sendo que para este caso, foi o único grupo em que foi observado valores para as duas finalidades em destaque. Em uma condição mais intensiva (Figura 13, à direita), os grupos 3 e 5 se sobressaíram novamente, apresentando valores maiores que os demais. Nos dois casos, o consumo animal foi maior do que a irrigação, embora para o grupo 5 sejam praticamente equivalentes. A combinação da produção diversificada e a atividade da pecuária exercem um maior efeito para a caracterização de uma maior pegada hídrica. Com isso, os grupos que não realizam irrigação, embora utilizem água para o consumo animal, apresentaram valores baixos, menores que 2,5 (10<sup>6</sup> L/ano).

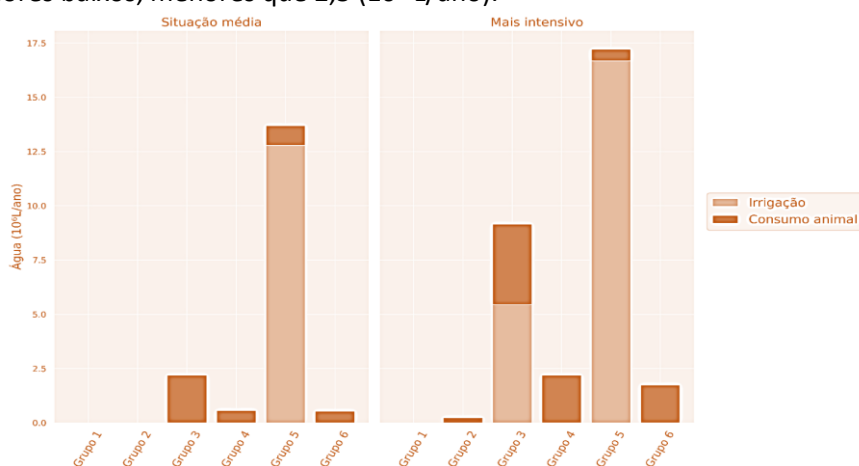


Figura 14. Pegada hídrica (10<sup>6</sup> L/ano) referente a irrigação e ao consumo animal.





Em relação à situação média e ao mais intensivo para os seis grupos, verificou-se, como mostrado na Figura 15, que todos os grupos apresentam pegada hídrica associada a evapotranspiração. O efeito da maior produtividade das culturas observada nos grupos 3, 4, 5 e 6, indicaram os maiores valores que ficaram entre 20 e 60 ( $10^6$  L/ano) no caso médio e entre 20 e 120 ( $10^6$  L/ano) no mais intensivo. A irrigação apareceu em termos médios apenas no grupo 5 e no mais intensivo, nos grupos 3 e 5. Já a pegada hídrica pelo consumo animal foi identificada nos grupos 3, 4, 5 e 6, uma vez que são os grupos cujo número de cabeças de gado são mais expressivos.

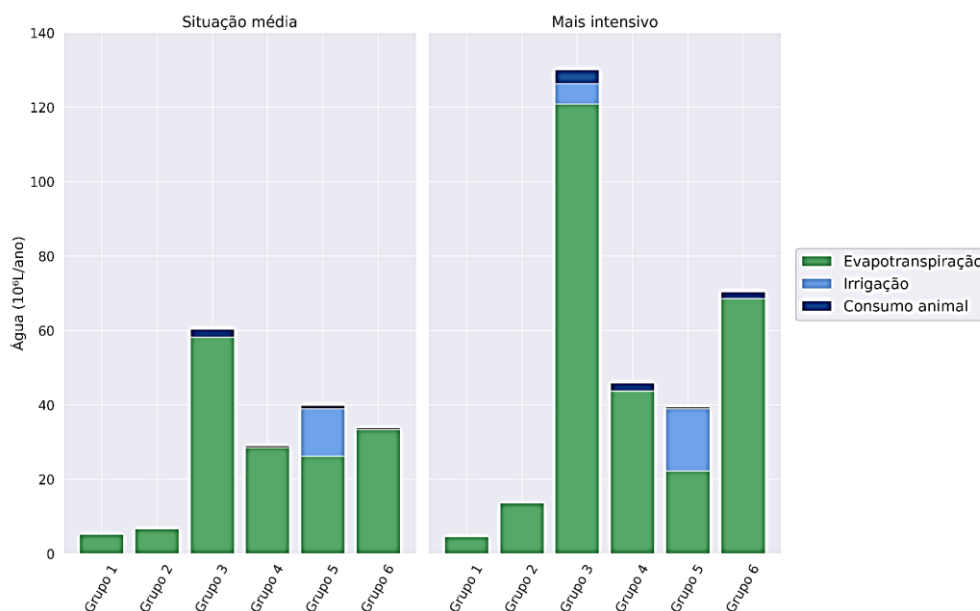


Figura 15. Pegada hídrica ( $10^6$  L/ano) referente a evapotranspiração, irrigação e ao consumo animal.

### 4.3.3 Pegada de energia

A Figura 16 mostra o consumo de energia (R\$/mês) para os seis grupos. Observa-se que o consumo de energia é maior nos grupos 5 e 3, indicando maior pegada energética nestes grupos. O maior consumo energético nestes grupos está associado a dois fatores: uso de bomba hidráulica para sistemas de abastecimento doméstico (principalmente em unidades de produção identificadas no grupo 3), além de sistemas de irrigação em ambos os grupos, bem como o uso de sistema de refrigeração do leite para comercialização, adotado em unidades dos grupos 3 e 5.

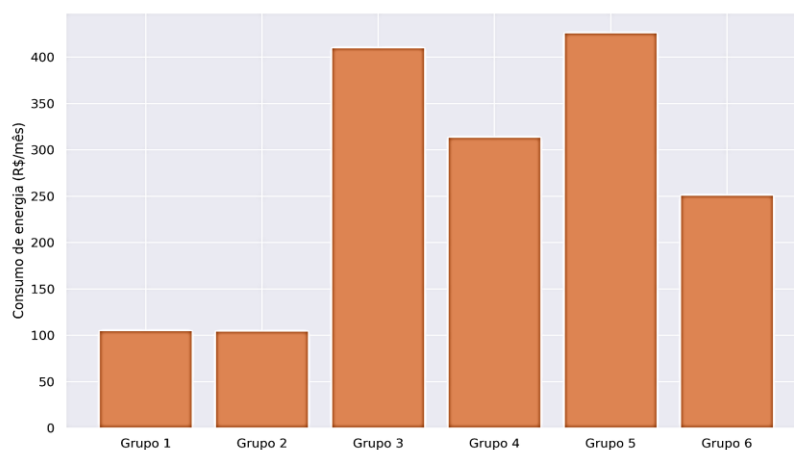


Figura 16. Pegada de energia (R\$/mês) para os seis grupos.

Os grupos 4 e 6 apresentam consumo de energia intermediário entre os grupos 3 e 5 (mais altos) e os grupos 1 e 2 (mais baixos). Os grupos 1 e 2 são os grupos de menor consumo de energia em função das atividades



desenvolvidas. Não têm emprego de equipamentos para agricultura que dependam de consumo de energia elétrica e não realizam refrigeração do leite dentro das unidades de produção.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram estimadas as pegadas de carbono, água e energia das unidades de produção agrícola do município de Quixeramobim. As principais fontes de emissão de carbono identificadas são provenientes da fermentação entérica do gado e da queima de biomassa proveniente da abertura de novas áreas de Caatinga para plantio. Já as atividades que mais impactam o consumo de água são a irrigação e a produção leiteira.

Entre os tipos de unidades de produção identificadas neste trabalho, os tipos 1 e 2, cuja produção é exclusivamente de subsistência, contribuem para as menores taxas de emissão de CO<sub>2</sub>. Já os grupos 3 e 5, caracterizados como produtores de leite extensivos e produtores diversificados com irrigação, apresentam maiores taxas de emissão de gases do efeito estufa, maior consumo de água e maior gasto de energia.

Os resultados obtidos permitem a identificação dos tipos de produção que geram maior impacto ambiental, além dos manejos com maior contribuição para as pegadas ecológicas, subsidiando possíveis estratégias que visem a sustentabilidade da produção agropecuária no município de Quixeramobim.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONRADO, J.A.D.A.; CAVALCANTE, A.C.R.; TONUCCI, R.G.; SALDANHA, A.R.; CÂNDIDO, M.J.D. O manejo da pastagem natural incrementa a biomassa herbácea nativa e exótica e a biodiversidade na Caatinga no Brasil. **Revista Semina**, v. 40, n. 2, p. 867-884, 2019.

IPCE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal: Quixeramobim-CE.** Disponível em <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixeramobim\\_2011.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixeramobim_2011.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2023.

HAN, X.; CHENG, X.; LI, S.; YUAN, J.; ZHANG, Q. Carbon concentrations and their stable isotopic signatures in the upper Han River, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 14, p. 14116-14127, 2019.

HOEKSTRA, A.Y.; CHAPAGAIN, A.K; ALDAYA, M.M.; MEKONNEN, M.M. **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard.** Earthscan. London/Washington. 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados do Brasil. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em:15 nov 2023.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Refinement to the 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 2019.

LIMA P.L.; DUARTE, L.S.; SOUZA, A.Z.B.; AQUINO, T.M.F.; OLIVEIRA, C.S. Perfil dos produtores rurais do município de Quixeramobim no Estado do Ceará. **Revista Caatinga**, v. 22: p. 255-259, 2009.

LE QUÉRÉ, C.; ANDREW, R.M.; CANADELL, J.G.; SITCH, S.; KORSBAKKEN, J.I.; PETERS, G.P.; MANNING, A.C.; ...; ZAEHLE, S. Global Carbon Budget 2016, **Journal of Earth System Science**. v. 8, p. 605–649, 2016.

PAES, C.S.; GOES, G.B.; CONRADO, J.A.A. Caracterização dos sistemas de produção de leite bovino em um município no semiárido brasileiro. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 2, 2023.

PALHARES, J.C.P. **Consumo de água na produção animal** (Comunidade Técnico). Embrapa. São Carlos, 2013.

PARSONS, Van L. Stratified sampling. **Wiley StatsRef: Statistics Reference Online**, p. 1-11, 2014.

PAVÃO, E.; STRUMPF, R.; MARTINS, S. **Cálculo da pegada de carbono e hídrica na cadeia da carne bovina no Brasil.** Relatório técnico referente ao termo de referência nº 02/2019. Pangea Capital, São Paulo. 2020, 133p.

RAKOTOVAO, N.H.; RAZAFIMBELO, T.M.; RAKOTOSAMIMANANA, S.; RANDRIANASOLO, Z.; RANDRIAMALALA, J.R.; ALBRECHT, A. Carbon footprint of smallholder farms in Central Madagascar: The integration of agroecological practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1165-1175, 2017.

SCHMITZ, A.; LIBRAGA, J.; SATTler, M.A. **Pegada energética e a pegada de carbono da municipalidade de Feliz/RS.** Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, p. 1-8, 2020.

SOUSA, P.G.R.; ARAÚJO VIANA, T.V.; CARVALHO, C.M.; SOUSA, A.M.; MENEZES COSTA, C.P.; AZEVEDO, B.M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo no crescimento da cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p. 1528, 2017.

UN-WATER - UNITED NATIONS. **Summary Progress Update 2021: SDG 6 — Water and sanitation for all.** Geneva, Switzerland, 2021.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018.** WMO, Geneva, 2019.



## **CAPÍTULO 2 - PRODUTO 9**

### **IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TRAJETÓRIAS AGRÍCOLAS ALTERNATIVAS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Com base nos diagnósticos e estudos relacionados à produção agrícola e pecuária no semiárido, dentro dos sistemas de produção tradicionalmente adotados (MARENGO et al., 2021), é observado que a última seca plurianual afetou drasticamente as trajetórias agrícolas e territoriais não somente na região do Sertão central cearense, mas também em outras regiões de clima semiárido (BATISTA e ALBUQUERQUE, 2022). Ademais, os cenários de alterações climáticas apontam não somente a necessidade de adaptação das atividades dentro dos atuais sistemas de produção (OBERMAIER et al., 2014), mas também uma política e conscientização da mitigação à emissão de gases de efeito estufa (GEE), principais causadores do aquecimento global.

Com relação à agricultura, o que se observa é a intensificação dos usos agrícolas nos baixios e fundos de vale e um redirecionamento do sistema tradicional de culturas anuais como o milho e o sorgo para a produção de silagem, e do milho grão em sistemas de cultivo mais intensivos também na alimentação animal. Essas práticas geralmente estão associadas a abertura de novas áreas e emprego de queimadas, além do amplo uso de defensivos agrícolas. Essa intensificação agrícola e sedentarização das áreas abertas compromete a sustentabilidade destes sistemas de produção, bem como a capacidade de suporte dos recursos naturais como o solo e a água (GOLLA, 2003). Como efeito, aumenta a vulnerabilidade dos solos à desertificação (VIEIRA et al., 2015; FUNCEME, 2018). Além disso, afeta as cadeias tróficas dos ecossistemas e a sua biodiversidade, aumentando a incidência de pragas e doenças em plantas e animais.

Com relação à pecuária, o desenvolvimento desta está associada a fortes políticas públicas de apoio à produção leiteira e, como efeito, a região tem experimentado uma forte dinâmica de intensificação desta produção dadas as características dos sistemas produtivos atualmente empregados na região, aos arranjos locais e maior resistência a eventos de seca (CONRADO et al., 2019; PAES et al., 2023). Conforme observado na resolução do produto 8, o atual cenário e construção das unidades produtivas resulta, em grande parte, na emissão de elevadas taxas de equivalente CO<sub>2</sub> e consumo hídrico que compromete o abastecimento das atuais fontes de água.

Como efeito, é necessária a identificação de estratégias agrícolas e pecuárias alternativas que visem manter a sustentabilidade dos agroecossistemas, a redução da emissão de GEE e a preservação dos recursos hídricos.

#### **2. OBJETIVO GERAL**

Este estudo teve como objetivo geral identificar trajetórias alternativas para mitigação da emissão de carbono e do consumo de água em unidades de produção agropecuária no município de Quixeramobim - CE.

##### **2.1 Objetivos Específicos**

Especificamente, objetivou-se:

- a) Realizar, de forma colaborativa, a identificação de potencialidades e limitações dos sistemas de produção das tipologias atuais, além de elencar os principais problemas relacionados, as soluções e as dificuldades.
- b) Apontar soluções alternativas em sistemas de produção visando a redução da emissão de carbono e consumo hídrico para aumento da sustentabilidade dos sistemas produtivos
- c) Estimar as mudanças nas pegadas de carbono e água e avaliar os impactos das trajetórias alternativas encontradas.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A partir da explanação dos resultados obtidos no produto 8 (tipologia e cálculo das pegadas hídrica e de carbono), foi proposta uma oficina que contou com a presença de diferentes atores institucionais inseridos nas dinâmicas das atividades agropecuárias da localidade, para apresentação dos resultados obtidos do produto 8, com as tipologias identificadas e as pegadas de carbono e água. Em seguida foi desenvolvida uma atividade por meio de metodologias participativas, cujo principal objetivo foi dialogar com os atores e elencar as principais problemáticas ambientais relacionadas ao processo produtivo dentro do município e os responsáveis pela emissão de carbono e consumo hídrico, assim como a proposição de possíveis soluções para a diminuição das pegadas e da degradação ambiental, de modo geral. Por fim, foram apontados os fatores limitantes e dificuldades para a implementação das sugestões feitas pelos participantes.

A discussão foi pautada acerca dos tipos mais intensivos, tomando como base o tipo 5, sendo este escolhido por reunir o maior número de sistemas produtivos dentro da propriedade. Dessa maneira, foi proposto que a discussão fosse embasada em três eixos, de acordo com os cultivos e sua finalidade (sequeiro, irrigado e alimentação animal). E de forma colaborativa, foi proposto a construção de um quadro que elencou problemas, soluções e dificuldades encontradas no desenvolvimento das atividades produtivas.

As informações obtidas durante a oficina subsidiaram meios para a definição de novas trajetórias para os sistemas de produção agrícola e pecuária, além de recalcular as pegadas hídricas e de carbono a fim de projetar cenários com os impactos ambientais reduzidos.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Oficina

A oficina proposta contou com a presença de membros de diferentes instituições envolvidas no processo produtivo do município, sendo elas a Secretaria de Agricultura de Quixeramobim/CE, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) e Centro de Estudos do Trabalho e de Assessoria ao Trabalhador e à Trabalhadora (CETRA), que fizeram contribuições e propuseram alternativas com a finalidade de reduzir as pegadas hídricas e de carbono oriundas das atividades agropecuárias.

A partir desta, foi criado um quadro que elencou as problemáticas, assim como alternativas de superação/mitigação e os desafios que poderiam limitar a implementação das soluções encontradas, conforme apresentado na Figura 1. Embora a proposta inicial fosse embasada em sistemas de cultivo de sequeiro, irrigado e para alimentação animal, foi ressaltada a necessidade da discussão dos sistemas produtivos de forma integrada, ou seja, diretamente inter-relacionados, e não separados em eixos. De acordo com os autores, a integração dos sistemas produtivos visa tanto otimizar o uso de água como reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE).







- Implementar consórcios com árvores nativas do bioma: pau branco, sabiá, jurema, dentre outras;
- Impulsionar a participação da juventude e das mulheres na dinâmica produtiva (quintais agroecológicos, criação de pequenos animais, políticas públicas específicas);

#### 4.1.3 Dificuldades

- A principal dificuldade constatada foi a falta de conscientização dos produtores, que na maioria das vezes não percebem os grandes impactos ambientais oriundos de suas atividades agropecuárias;
- Em relação a integralização dos sistemas, segundo os participantes o desafio é a falta de conhecimento técnico e a metodologia de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural) implementada;
- A criação de gado que muitas vezes é economicamente inviável, porém insistem por questões culturais da região;
- O clima é um fator limitante quanto à diversificação da produção;
- Os produtores não se atentam para a importância da análise de solos de suas propriedades;
- As características quanto aos atributos físicos do solo (ser pedregoso) podem dificultar o estabelecimento de algumas espécies de árvores perenes.

#### 4.2 Definição dos cenários / trajetórias alternativas

Com base nos apontamentos e sugestões dadas pelos participantes das oficinas, foram propostas alterações nos sistemas de produção de cada tipologia. Os tipos trabalhados foram os 3 – Produtores de leite extensivos, 4 – Produtores de leite com silagem, 5 – Produtores diversificados com irrigação e 6 – Produtores diversificados de sequeiro, devido aos seus maiores impactos em carbono, água e energia.

##### 4.2.1 Grupo 3 – produtores de leite extensivos

O princípio de alteração proposto no grupo 3 foi para a integração e intensificação dos sistemas produtivos por meio do aumento da produção de biomassa por área e a gestão e uso eficiente de esterco animal, produzido na propriedade. Uma área de 12,7 ha foi destinada ao plantio consorciado de milho (grão) + feijão (antes cultivados em áreas diferentes), resultando em um aumento da produtividade do milho pelo incremento no conteúdo de nitrogênio (N) incorporado no solo pelo cultivo do feijão pela fixação biológica do nitrogênio (FBN), além do uso do esterco para aumentar os índices de fertilidade do solo. Como efeito, esse manejo da área em consórcio implica na redução no uso de tratores para o preparo do solo.

Na área antes cultivada com feijão solteiro, foi implantado um sistema de integração lavoura-floresta visando à produção de forragem adaptada ao semiárido (MARTINS et al., 2013). O sistema proposto por Martins et al. (2013) consiste no plantio de três espécies perenes, que foram: i) gliricídia (arbórea) plantada em espaçamento entre linhas de 8 m, palma forrageira plantada com espaçamento de 1 m da gliricídia e no espaço de 7 m restante entre as fileiras de palma (ruas) foi plantado o capim buffel, resultando no aumento da oferta de forragem para os animais. Na metade da área desmatada e sem uso (92 ha) foi proposto o plantio de espécies arbóreas da Caatinga, a exemplo do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) que tem a característica de apresentar múltiplos usos (CARVALHO, 2007). Além disso, nesta área reflorestada propõe-se o uso com apicultura como uma fonte alternativa de renda. A área de capim de vazante permaneceu como estava anteriormente. Com a implantação dos sistemas, aumentos de aproximadamente 4 L/vaca/dia deverão ser obtidos.

##### 4.2.2 Grupo 4 – produtores de leite com silagem

O sistema de produção foi intensificado por meio do aumento da produção de biomassa em uma mesma área e intensificação do uso de esterco animal na propriedade. Uma área de 3 ha foi destinada ao plantio consorciado de milho (silagem) + feijão, resultando em um aumento da produtividade da biomassa do milho pelo incremento no conteúdo de N incorporado no solo pelo cultivo do feijão. A qualidade da silagem deve



ser melhorada pelo incremento do conteúdo de proteína bruta incorporada na biomassa total da silagem pelos resíduos culturais do feijão.

Assim como foi proposto em unidades produtivas do grupo 3, na área antes cultivada com feijão solteiro, foi implantado um sistema de integração lavoura-floresta visando a produção de forragem adaptada ao semiárido (MARTINS et al., 2013). O sistema consiste no plantio de três espécies perenes, que foram: i) gliricídia (arbórea) plantada em espaçamento entre linhas de 8 m, palma forrageira plantada com espaçamento de 1 m da gliricídia e no espaço de 7 m restante entre as fileiras de palma (ruas) foi plantado o capim buffel, resultando no aumento da oferta de forragem para os animais. Em todos os sistemas propostos é feita a aplicação de esterco produzido pela atividade pecuária na propriedade. Além disso, a integração entre as atividades em uma mesma área reduz o uso de tratores.

A área de capim de vazante permaneceu como estava anteriormente. Com a implantação do sistema, estima-se aumentos de aproximadamente 4 L/vaca/dia.

#### **4.2.3 Grupo 5 – produtores diversificados com irrigação**

Por se tratar de um grupo com produção diversificada e uso intensivo do solo, assim como da irrigação e uso de fertilizantes químicos, a proposta de integração das diversas atividades visa, além da redução do consumo de insumos, a maior eficiência no uso da água e menor uso de tratores e implementos. Os cultivos solteiros, que antes eram feitos em áreas específicas, foram agrupados por meio de rotação e consórcio em uma mesma área visando maior produção e eficiência do uso da terra.

Foi estabelecido o sistema de rotação entre hortaliças, a exemplo de pimentão ou tomate, que são usualmente irrigados (plantado na época seca), com o cultivo seguido de milho (grão) consorciado com feijão plantado na época das chuvas. O objetivo desse sistema foi otimizar o uso da terra e aproveitar a fertilização residual realizada nas hortaliças pelas culturas do milho e feijão. Além disso, aproveita a umidade remanescente do solo, importante no período de germinação das culturas anuais. Ressalta-se a importância do uso de esterco, visando também a redução do uso e maior eficiência no manejo da fertilidade do solo.

Outra alteração proposta foi na integração entre fruticultura e culturas perenes, no caso, o capim para alimentação animal. No caso, na área de coco irrigado foi implantado o capim Massai nas entrelinhas do coco tanto para o aproveitamento da umidade residual da irrigação, fornecendo para a forragem água na época de menor disponibilidade hídrica, quanto o uso eficiente do fertilizante e esterco aplicado. Dessa forma, visa-se reduzir a pegada hídrica.

Além disso, na área antes cultivada com as hortaliças, é proposto o estabelecimento de uma cultura semi-perene como fonte alternativa para alimentação animal, no caso, a mandioca forrageira, estabelecida com o objetivo de fornecer recurso forrageiro na época das secas. Com a implantação destes sistemas espera-se aumentos nas produções de milho, feijão e hortaliças pela maior fertilização orgânica e maior produção de coco pela manutenção da cobertura do solo pela forrageira, resultando em maior conteúdo de matéria orgânica e nutrientes e maior retenção de água.

#### **4.2.4 Grupo 6 – produtores diversificados de sequeiro**

As alterações propostas no grupo 6 visam melhorar os sistemas já realizados, e isso se fez propondo o cultivo entre o milho grão e o feijão em consórcio, além da implantação de um sistema integrado de produção lavoura-pecuária com o plantio de milho (silagem) intercalado com capim Massai (Sistema Santa Fé), conforme proposto por Rogério et al. (2018). De acordo com esse sistema, no momento da colheita para a ensilagem, são coletados tanto a biomassa do milho quanto de capim, aumentando a qualidade final da silagem. O restolho do capim após o corte rebrota e o pasto pode ser consumido pelos animais em pastejo.

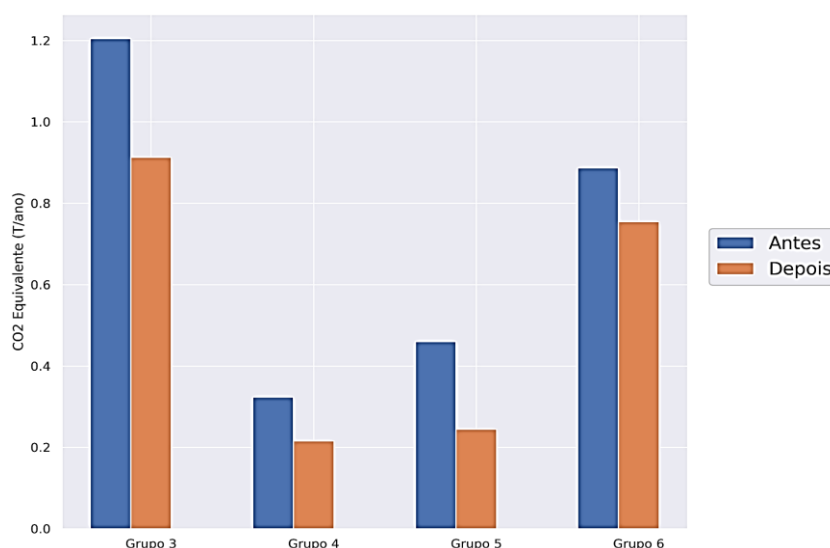


Ainda, uma área de 1 ha foi destinada ao plantio de mandioca com o objetivo tanto de fornecer recurso forrageiro (parte aérea) para alimentação animal como prover fonte de alimentação humana através da produção de raízes nas épocas de menor disponibilidade alimentar. A área de vazante plantada com capim permaneceu inalterada. Com a implantação dos sistemas, aumentos de aproximadamente 4 L/vaca/dia deverão ser obtidos.

### 4.3 Novas pegadas de carbono

A partir dos cenários de mudança dos sistemas de produção dos grupos 3, 4, 5 e 6, foram recalculadas as pegadas de carbono relativas aos três principais fatores: uso de trator (Figura 2), restituição por esterco (Figura 3) e restituição por reflorestamento.

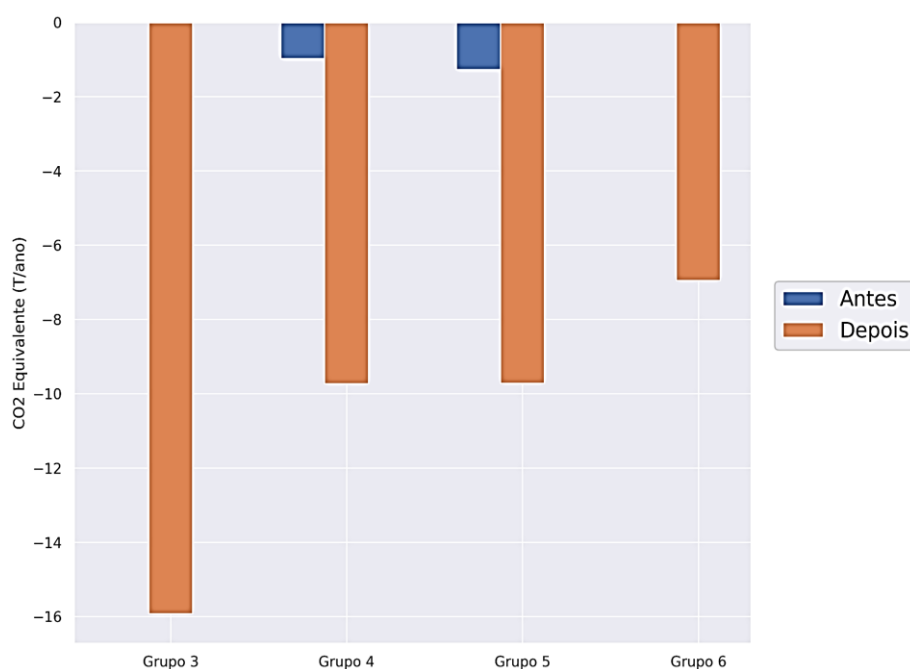
Em relação ao uso de trator, nos quatro grupos analisados, a implementação de culturas perenes possibilitou uma redução nas áreas de preparação anual do solo, reduzindo, conseqüentemente, a mecanização e as emissões de carbono associadas. A maior redução relativa ocorreu no grupo 5 e a menor no grupo 6.



**Figura 2.** Emissões totais relativas ao uso de trator antes (situação média) e depois (cenários de baixo carbono)

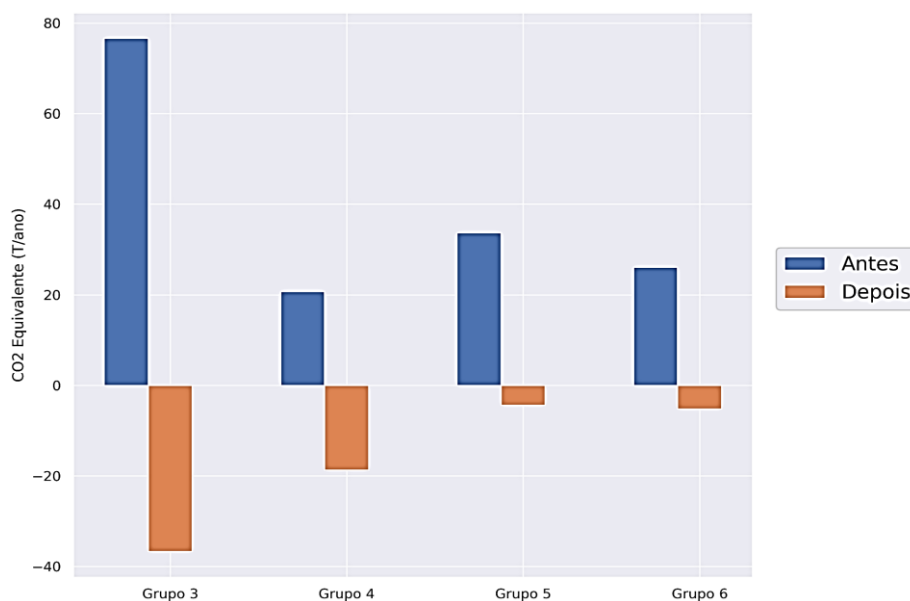
A aplicação de esterco no preparo do solo é um dos fatores de maior impacto na restituição de carbono ao solo. No entanto, as unidades de produção aqui analisadas raramente realizam o manejo adequado dos resíduos animais, seja pelo modo de criação extensivo ou por falta de capacitação técnica para tal. Nos cenários propostos, parte do esterco gerado na própria unidade de produção é aplicado como fertilizante orgânico no preparo do solo, o que, além de aumentar a restituição de carbono, tende a aumentar a produtividade das culturas.

Como mostrado na Figura 3, a restituição relativa ao esterco antes não ultrapassa 2 toneladas de CO2 equivalente. Nos novos cenários, a restituição pode chegar a 16 toneladas de CO2 equivalente no caso do grupo 3 e entre 6 e 10 toneladas nos demais grupos. Essas quantidades compensam grande parte das emissões geradas pelo gado a partir da fermentação entérica.



**Figura 3.** Emissões totais relativas ao esterco (situação média) e depois (cenários de baixo carbono)

A Figura 4 apresenta o saldo de emissões totais de cada grupo antes e após as mudanças de manejo propostas. Nota-se que, com a aplicação adequada do esterco, o reflorestamento (grupo 3) e a redução da mecanização, as unidades de produção que antes eram responsáveis por emitir carbono para a atmosfera, agora operam como sumidouro de carbono.



**Figura 4.** Emissões totais das unidades de produção (situação média) e depois (cenários de baixo carbono).

No caso do grupo 3, o maior impacto está associado ao reflorestamento hipotético de uma área de 46 ha, o que pode não ser factível em todos os casos. De toda forma, os resultados aqui apresentados destacam as possíveis tendências de redução nas emissões de carbono a partir da adoção de práticas mais sustentáveis.



## 5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados das pegadas de carbono, água e energia da produção agropecuária das principais tipologias de unidades de produção do município de Quixeramobim, foram propostos cenários de manejos mais sustentáveis para redução de impactos ambientais. Esses cenários foram criados a partir de uma oficina participativa com profissionais ligados à agropecuária do município de Quixeramobim.

As principais mudanças propostas foram a integração de culturas, a substituição de culturas temporárias por culturas permanentes, a aplicação do esterco bovino no preparo do solo e o reflorestamento com árvores nativas.

Os novos sistemas de produção propostos compensam as emissões de carbono através do aumento da restituição de carbono ao solo e da redução de mecanização. Já o consumo de água tende a ser reduzido principalmente devido ao aumento da eficiência da irrigação a partir da integração de culturas (e.g. coco e capim).

Em geral, o estudo realizado aponta o potencial de redução das emissões de carbono e do consumo de água a partir de mudanças nas práticas agrícolas e organização das unidades de produção. Essas mudanças reduzem as pegadas hídrica e de carbono através da redução do consumo de água e das emissões de CO<sub>2</sub>, mas também pelo eventual aumento da produtividade das culturas e da pecuária, resultantes de um manejo mais adequado e sustentável.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, D.F.; ALBUQUERQUE, T.M.A. Impacto da Seca na Agricultura dos Territórios Agreste Central, Alto Sertão e Centro-Sul de Sergipe. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 81-88, 2022.

CARVALHO, P.E.R. Sabiá - *Mimosa caesalpinifolia*. Circular técnica 135. Embrapa Florestas. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/42348/1/Circular135.pdf>>. Acesso em: [30/11/2023].

CONRADO, J.A.D.A.; CAVALCANTE, A.C.R.; TONUCCI, R.G.; SALDANHA, A.R.; CÂNDIDO, M.J.D. O manejo da pastagem natural incrementa a biomassa herbácea nativa e exótica e a biodiversidade na Caatinga no Brasil. **Revista Semina**, v. 40, n. 2, p. 867-884, 2019.

FUNCEME, 2018. Dia Mundial de Combate à Desertificação: ações e conscientização humana para um futuro sustentável. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=1739>>. Acesso em: [07/02/2023].

FUNCEME, 2021. Mapeamento das barragens dos pequenos reservatórios d'água situados no Estado do Ceará. Relatório Técnico. Fortaleza.

GOLLA, B. Agricultural production system in arid and semi-arid regions. **International Journal of Agricultural Science and Food Technology**, v. 7, n. 2, p. 234-244, 2021.

MARENGO, J.A.; GALDOS, M.V.; CHALLINOR, A.; CUNHA, A.P.; MARIN, F.R.; VIANNA, M.D.S.; ... BENDER, F. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. e17, 2022.

OBERMAIER, M.; CESANO, D.; CORRAL, T.; MAROUN, M.R.; ROVERE, E.L.L.; BARATA, M.; ... ; PFLIEGNER, K. Dryland adaptation in Northeast Brazil: Lessons from a community-based pilot project. *Field Actions Science Reports. The journal of field actions*, v. 7, 2014.

PAES, C.S.; GOES, G.B.; CONRADO, J.A.A. Caracterização dos sistemas de produção de leite bovino em um município no semiárido brasileiro. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 2, 2023.

ROGÉRIO, M.; POMPEU, R.; GUEDES, F.; TONUCCI, R.; SOUZA, H.A.; MAGALHAES, J.; ... ; SILVA, S. Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em condições de sequeiro: garantia de reserva de forragem de qualidade, em forma de silagem, para o semiárido (Comunicado Técnico 180). Sobral: Embrapa caprinos e ovinos. 2018.

VIEIRA R.D.S.P.; TOMASELLA J.; ALVALÁ R.C.S.; SESTINI M.F.; AFFONSO A.G.; RODRIGUEZ, ET AL. 2015. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347-360, 2015.





## ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO APLICADO EM CAMPO

Questionário nº: \_\_\_\_\_ Aplicado em: \_\_\_/\_\_\_/2023

Aplicador:

Município:

Localidade:

### i. IDENTIFICAÇÃO

#### Chefe da exploração (Entrevistado):

Nome:

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Idade:

| Vínculo do produtor com o imóvel fundiário | (X) |
|--|-----|
| Proprietário                               |     |
| Posseiro                                   |     |
| Arrendado                                  |     |
| Assentado ou agregado                      |     |

| Áreas            | Área em ha ou tarefas  |
|------------------|--|
| Área total       |  |
| Área aberta      | ( ) Total<br>( ) Cultivada<br>( ) Pasto<br>( ) Pousio/descanso |
| Área de Caatinga |  |

#### Faz rotação da caatinga?

( ) SIM ( ) NÃO

Periodicidade: \_\_\_\_\_

#### Abre novas áreas?

( ) SIM ( ) NÃO

Periodicidade: \_\_\_\_\_

### INVENTÁRIOS DOS PLANTIOS

#### Quais culturas foram plantadas em 2022?

\* colocar o número de parcelas entre os parênteses e lembrar de assinalar áreas com toco e áreas abertas

( ) Milho: ( ) Grão ( ) Silagem

( ) Sorgo: ( ) Grão ( ) Silagem

( ) Capim: ( ) Irrigado ( ) Vazante

( ) Feijão

( ) Palma

( ) Tomate ( ) Pimentão ( ) Hortaliças

( ) Outros: \_\_\_\_\_

#### **\*\* PREENCHIMENTO DO CALENDÁRIO AGRÍCOLA PARA CADA CULTURA\*\***

##### PLANTIOS EM VAZANTE

| Plantios  | Descrever o Manejo  |
|-----------|---|
| ( ) Capim | (data de plantio, insumos químicos, cortes por ano, tipo de capim...) |
| ( ) Milho |   |
| ( ) Sorgo |   |

**DETALHES DA IRRIGAÇÃO (APENAS SE FOR USADA BOMBA)**

1. Quantas horas por dia você deixa o seu sistema de irrigação ligado? Você liga todo dia? \_\_\_\_\_
2. Você sabe qual é a potência da sua bomba (em cavalos ou em watts)? \_\_\_\_\_
3. Você sabe qual é a vazão do seu sistema de irrigação (em m<sup>3</sup>/h ou em L/h)? \_\_\_\_\_

**\*(apenas se não souber a vazão do sistema - questão 3)\***

- 3.1. Você usa algum tanque/ caixa d'água para armazenar a água que alimenta o sistema de irrigação ( ) SIM ( ) NÃO

**\*se a resposta for SIM para 3.1\***

- 3.1.1. Qual é a capacidade desse tanque/caixa d'água? Cabem quantos litros ou m<sup>3</sup>? \_\_\_\_\_
- 3.1.2. Quantos tanques você usa por semana na irrigação? \_\_\_\_\_

**\*se a resposta for NÃO para 3.1:**

|         |   |
|---------|---|
| Opção 1 | 3.2.1 Você sabe qual é a capacidade da sua bomba (em m <sup>3</sup> /h ou em L/h)? _____  |
| Opção 2 | <p>3.2.2 Podemos ir no fim da entrevista ver a especificação da sua bomba?</p> <p>Capacidade (m<sup>3</sup>/h ou L/h): _____</p> <p>Potência (cv ou watts): _____</p> <p>Eficiência (%): _____</p> <p><b>Ou foto da folha de especificação colada na bomba</b></p> <p>3.2.3 Podemos medir a vazão?</p> <p>Levar um balde de volume conhecido</p> <p>Cronometrar o tempo de enchimento</p> |

**ANIMAIS**

| Tipo               | Quantidade | Raça (se houver) | Produtividade (litros de leite ou peso por animal) |
|--------------------|------------|------------------|--|
| Vacas leiteiras    |            |                  |  |
| Vacas "solteiras"  |            |                  |  |
| Gado jovem (macho) |            |                  |  |
| Gado jovem (fêmea) |            |                  |  |
| Gado de corte      |            |                  |  |
| Touro              |            |                  |  |
| Cabras             |            |                  |  |
| Ovelhas            |            |                  |  |
| Porcos             |            |                  |  |
| Galinhas           |            |                  |  |
| Cavalo             |            |                  |  |

**CALENDÁRIO DA PECUÁRIA**

Questionário n°: \_\_\_\_\_ Animal: \_\_\_\_\_

| Situação              |                   | Jan | Fev | Mar | Abr | Mar | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-----------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Distribuição espacial | Caatinga          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                       | Capoeira /manga   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|                       | Parcela com resto |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |



|                    |                       |  |
|--------------------|-----------------------|--|
|                    | de palha              |  |
|                    | Pasto                 |  |
|                    | Curral                |  |
| <b>Alimentação</b> | Silagem               |  |
|                    | Palma                 |  |
|                    | Capim (colhido/pasto) |  |
|                    | Ração comprada        |  |
|                    | Caatinga              |  |
|                    | Outros                |  |
| <b>Água</b>        | Bebedouro             |  |
|                    | Açude                 |  |

**ACESSO A ÁGUA**

| Fontes de água  | Acesso fácil?      | Ano da construção | Usos  |                      |
|---|--------------------|-------------------|---|----------------------|
| Água encanada comunitária.<br>De onde vem?<br><hr/> (açude, poço ?) |                    |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar)  |                      |
| Açude privado   | ( ) SIM<br>( ) NÃO |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |                      |
| Açude comunitário   | ( ) SIM<br>( ) NÃO |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |                      |
| Poço  | ( ) SIM<br>( ) NÃO |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |                      |
| Cisterna de água da chuva   |                    |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |                      |
| Cisterna de enxurrada   |                    |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |
|   |                    |                   | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |                      |
| Outro (ex. chafariz, carro pipa).<br>Especificar:                   | ( ) SIM<br>( ) NÃO |                   | ( ) Para Beber                                | ( ) Para o gado      |
|   |                    |                   | ( ) Para as atividades de casa                | ( ) Para a plantação |



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | ( ) Outro (lazer, lavar roupa) (especificar): |
|--|--|--|---|

**Você está satisfeito com a quantidade de água disponível para as atividades de casa?**

( ) Insatisfeito ( ) Satisfeito

**Você está satisfeito com a quantidade de água disponível para beber?**

( ) Insatisfeito ( ) Satisfeito

**Você está satisfeito com a quantidade de água disponível para a produção (gado ou plantação)?**

( ) Insatisfeito ( ) Satisfeito

**Num futuro próximo, você tem intenção de cavar um poço ou construir um açude?**

Sim ( ) Por quê\*? \_\_\_\_\_

\* motivos: abastecimento animal, consumo doméstico, produção agrícola

Não ( ) Por quê? \_\_\_\_\_

### COMERCIALIZAÇÃO

| Produto                       | Armazenamento/ Beneficiamento / Transformação  | Destino                             | Valor (R\$) |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|-------------|
| ( ) Leite                     | ( ) Tanque individual<br>( ) Tanque coletivo (cooperativa/ associação / empresa privada)<br>( ) Queijo caseiro<br>( ) Sem armazenamento ou beneficiamento (escoamento diário)<br>( ) Doces | ( ) Atravessador                    |             |
|                               |  | ( ) Indústria privada               |             |
|                               |  | ( ) cooperativa                     |             |
|                               |  | ( ) Doceiras locais                 |             |
|                               |  | ( ) Queijeiras locais               |             |
|                               |  | ( ) PAA- Leite                      |             |
|                               |  | ( ) Outro:                          |             |
| ( ) Frutas (plantio irrigado) | ( ) Freezer cooperativa<br>( ) Freezer individual<br>( ) Não conserva/ in natura<br>( ) Doces  | ( ) Atravessador                    |             |
|                               |  | ( ) Cooperativa                     |             |
|                               |  | ( ) PAA- alimento                   |             |
|                               |  | ( ) Feiras locais:                  |             |
|                               |  | ( ) CEASA – Fortaleza               |             |
|                               |  | ( ) Venda direta – “porta em porta” |             |
|                               |  | ( ) Outro:                          |             |
| ( ) Milho                     |  | ( ) Outros produtores               |             |
|                               |  | ( ) Cooperativa                     |             |
|                               |  | ( ) Outro                           |             |
| ( ) Forragem                  |  | ( ) Outros produtores               |             |
|                               |  | ( ) Cooperativa                     |             |
|                               |  | ( ) Outro                           |             |
| ( ) Hortaliças                | ( ) Freezer cooperativa<br>( ) Freezer individual<br>( ) Não conserva  | ( ) Atravessador                    |             |
|                               |  | ( ) Cooperativa                     |             |
|                               |  | ( ) PAA- alimento                   |             |
|                               |  | ( ) Feiras locais:                  |             |
|                               |  | ( ) CEASA – Fortaleza               |             |
|                               |  | ( ) Venda direta – “porta em        |             |



|  |  |        |  |
|--|--|--------|--|
|  |  | porta” |  |
|--|--|--------|--|

**ENERGIA**

Qual é o seu gasto com energia? \_\_\_\_\_

Possui energia solar? ( ) SIM ( ) NÃO

**MÃO DE OBRA**

| Atividades agropecuaristas      | Função na propriedade (quantidades em cada função)            |
|---------------------------------|---|
| Mulheres adultas                | ( ) Sem função ( ) Trabalhos de casa ( ) Ajuda na agricultura |
| Homens adultos                  | ( ) Sem função ( ) Trabalhos de casa ( ) Ajuda na agricultura |
| Idosos                          | ( ) Sem função ( ) Trabalhos de casa ( ) Ajuda na agricultura |
| Crianças/adolescentes           | ( ) Sem função ( ) Trabalhos de casa ( ) Ajuda na agricultura |
| Mão de obra exterior permanente | ( ) Ajuda na agricultura<br>( ) Outro: _____                  |
| Mão de obra exterior temporária | ( ) Ajuda na agricultura<br>( ) Outro: _____                  |

\* indicar quantidade dentro dos parêntesis

**Você está satisfeito com a disponibilidade de mão de obra?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Razoavelmente ( ) Não sei responder

**Considera que a zona rural é um bom lugar para o futuro para seus filhos?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Razoavelmente ( ) Não sei responder

**Em caso de sim, pensa que seu filho gostaria de continuar na agricultura/pecuária?**

( ) SIM ( ) NÃO

**FONTES DE REMUNERAÇÃO**

| Fontes da remuneração  | Marcar “x” | Especificar (o que?) |
|--|------------|----------------------|
| Atividades agrícolas ou pecuária                                   |            |                      |
| Trabalhos temporários <i>agrícolas</i>                             |            |                      |
| Trabalhos temporários <i>não agrícolas</i>                         |            |                      |
| Atividade de transformação agrícola (ex. polpa, doce, queijaria)   |            |                      |
| Emprego formal   |            |                      |
| Comércio ou setor privado ( <i>se é ou não o dono do negócio</i> ) |            |                      |
| Aposentado   |            |                      |
| Benefícios sociais (ex. auxilia brasil)                            |            |                      |
| Outros:  |            |                      |

**RELAÇÃO COM A COMUNIDADE****Faz parte de alguma organização social?** ( ) SIM ( ) NÃO

Caso SIM:

( ) Associação ( ) MST ( ) Sindicato ( ) Cooperativa



**Considera que o líder local tem feito um bom trabalho para a comunidade?**

Sim  Não  Razoavelmente  Não sei responder

**Está satisfeito com a organização local?**

Sim  Não  Razoavelmente  Não sei responder

**PERCEPÇÕES DOS RECURSOS NATURAIS E ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO**

**De 2011 pra cá, você notou uma mudança na qualidade dos solos?**

- Redução na produtividade das culturas (perda da fertilidade do solo)
- Perda da camada mais superficial do solo (erosão)
- Solo alagado
- Presença de salinidade na área (qualidade da água da irrigação)
- Outro. Especificar: \_\_\_\_\_
- Não sei responder

**De 2011 pra cá, quais foram as principais mudanças nas suas atividades?**

- Mudei de atividade ou inseri uma atividade (ex: pecuária, irrigação, sequeiro).  
Especificar: \_\_\_\_\_
- Encerrei uma atividade produtiva que costumava executar (ex: pecuária, irrigação, sequeiro).  
Especificar: \_\_\_\_\_
- Mudei as culturas. Especificar: \_\_\_\_\_
- Aumentei o número de cabeças de gado  Diminuí o número de cabeças de gado
- Melhoramento genético
- Aumentei o uso de insumos químicos  Diminuí o uso de insumos químicos
- Aumentei a comercialização  Diminuí a comercialização
- Adotei práticas agroecológicas. Ex.: \_\_\_\_\_
- Outro (ex: mudei alguma técnica produtiva). Especificar: \_\_\_\_\_

**De 2011 pra cá, você considera que teve um maior rendimento?**

Sim  Não  Não sei

**ACESSO A POLÍTICAS PÚBLICAS**

**Você é/foi beneficiado por programas ou políticas públicas agrícolas ou de desenvolvimento rural? Quais?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Seguro Safra                             | <input type="checkbox"/> Programa de sementes                              |
| <input type="checkbox"/> Programa de cisternas                    | <input type="checkbox"/> Projeto São José                                  |
| <input type="checkbox"/> PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) | <input type="checkbox"/> PIMP (Programa de Irrigação na Minha Propriedade) |
| <input type="checkbox"/> Assistência técnica pública              | <input type="checkbox"/> PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar)   |



**CALENDÁRIO AGRÍCOLA**

Cultura:

Área:

| Pré-plantio  | Insumo + Quantidade | Plantio   | Insumo + Quantidade |
|--|---------------------|---|---------------------|
| <p><b>1. Abertura de nova área:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quando foi aberta?</li> <li>• Mecanizada?</li> <li>• Manejo da vegetação desmatada: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Queima</li> <li>○ Outra destinação?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>2. Manejo de plantas daninhas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herbicida? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Periodicidade?</li> <li>○ Mecanizado?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>4. Preparo do solo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data de início do preparo</li> <li>• Mecanizado? (<i>aração ou gradagem em trator</i>)</li> </ul> <p><b>5. Adubação de pré-plantio e correção do solo (calcário):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adubação orgânica (<i>húmus de minhoca, composto orgânico, esterco bovino, cama de frango</i>) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecanizada?</li> </ul> </li> <li>• Aplicação de calcário? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecanizada?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>6. Adubação mineral de fundação:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanizado?</li> <li>• Tipo de adubo (<i>superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato de rocha, outros</i>)</li> </ul> |                     | <p><b>1. Operação de plantio:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data do plantio?</li> <li>• Mecanizado?</li> </ul> <p><b>2. Adubação de plantio via solo?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanizada?</li> <li>• Nitrogenada? (<i>uréia, sulfato de amônia, MAP e DAP</i>)</li> <li>• Fosfatada? (<i>superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e DAP</i>)</li> <li>• Potássica? (<i>cloreto de potássio, sulfato de potássio</i>)</li> </ul> <p><b>3. Adubação de plantio via fertirrigação?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de fertilizante aplicado (<i>Ver adubação de plantio</i>)</li> <li>• Hora de uso do sistema de fertirrigação</li> </ul> |                     |

| Desenvolvimento da cultura (manutenção)  | Insumo + Quantidade | Colheita  | Insumo + Quantidade |
|--|---------------------|---|---------------------|
| <p><b>1. Manejo de plantas daninhas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herbicida? <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Periodicidade?</li> <li>○ Mecanizado?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>2. Adubação mineral de cobertura:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo de aplicação: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fertirrigado (horas)</li> <li>○ Manual</li> <li>○ Período de aplicação (dias após o plantio)</li> </ul> </li> <li>• Tipo de fertilizante (<i>uréia, sulfato de amônia, MAP e DAP, superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e DAP, cloreto de potássio, sulfato de potássio</i>)</li> </ul> <p><b>3. Aplicação de defensivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de defensivo (<i>herbicida, inseticida, nematocida, outros</i>)</li> <li>• Mecanizado?</li> <li>• Período de aplicação (dias após o plantio)</li> </ul> |                     | <p><b>1. Operação de colheita:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data da colheita:</li> <li>• Grão: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Colheita mecanizada? (<i>Pode ser 2 máquinas: 1 para colheita e outra para armazenamento</i>)</li> <li>○ Debulhadeira mecânica?</li> <li>○ Moagem mecânica?</li> </ul> </li> <li>• Silagem <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mecanizada (<i>colheitadeira + trator carregador</i>)</li> <li>○ Colheita manual + forrageira</li> </ul> </li> </ul> <p><b>2. Destinação da área pós-colheita</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar o gado</li> <li>• Plantar capim</li> </ul> |                     |



## ANEXO 2 – IDEOTIPOS

### IDEOTIPO DO GRUPO 1 - AGRICULTORES FAMILIARES DE SEQUEIRO

Área total: 4 ha

Área cultivada: 2 ha

Não abre novas áreas

Pousio: planta 1 anos, descansa 2 anos

#### Plantios

| Características            | Milho Grão     | Feijão         | Fava      |
|----------------------------|----------------|----------------|-----------|
| Área plantada              | 0,7 ha         | 0,4 ha         | 0,8 ha    |
| Tipo de área               | Campo          | Campo          | Campo     |
| Irrigação                  | Não            | Não            | Não       |
| Preparo do solo            | Herbicida      | Herbicida      | Herbicida |
| Plantio                    | Manual         | Manual         | Manual    |
| Manejo das daninhas        | Herbicida      | Herbicida      | Herbicida |
| Manejo de pragas e doenças | -              | -              | -         |
| Adubação                   | -              | -              | -         |
| Colheita                   | Manual         | Manual         | Manual    |
| Pós-colheita               | Debulha Manual | Debulha Manual | Manual    |
| Produtividade              | 2100 kg/ha     | 260 kg/ha      | 40 kg/ha  |

#### Animais

| Animal        | Quantidade | Produtividade |
|---------------|------------|---------------|
| Vaca leiteira | -          | -             |
| Vaca solteira | -          | -             |
| Gado jovem    | -          | -             |
| Gado de corte | -          | -             |
| Touro         | -          | -             |
| Ovelha        | -          | -             |
| Porco         | -          | -             |
| Galinha       | 16         | -             |

**IDEOTIPO DO GRUPO 2 - AGRICULTORES DE SEQUEIRO COM MECANIZAÇÃO**

Área total: 3 ha  
Área cultivada: 2 ha  
Não abre novas áreas  
Pousio: não faz

**Plantios**

| Características            | Milho Grão   | Feijão    |
|----------------------------|--------------|-----------|
| Área plantada              | 1,2 ha       | 0,5 ha    |
| Tipo de área               | Campo        | Campo     |
| Irrigação                  | Não          | Não       |
| Preparo do solo            | Trator       | Trator    |
| Plantio                    | Manual       | Manual    |
| Manejo das daninhas        | -            | -         |
| Manejo de pragas e doenças | -            | Colosso   |
| Adubação                   | -            | -         |
| Colheita                   | Trator       | Manual    |
| Pós-colheita               | Debulhadeira | Manual    |
| Produtividade              | 1000 kg/ha   | 270 kg/ha |

**Animais**

| Animal        | Quantidade | Produtividade |
|---------------|------------|---------------|
| Vaca leiteira | -          | -             |
| Vaca solteira | -          | -             |
| Gado jovem    | -          | -             |
| Gado de corte | -          | -             |
| Touro         | -          | -             |
| Ovelha        | -          | -             |
| Porco         | -          | -             |
| Galinha       | 17         | -             |

**IDEOTIPO DO GRUPO 3 - PRODUTORES DE LEITE EXTENSIVOS**

Área total: 191 ha

Área cultivada: 28 ha

Não abre novas áreas

Pousio: planta 2 anos, descansa 2 anos

Realiza queima da área pré-plantio

**Plantios**

| Características            | Milho Grão           | Feijão             | Capim         |
|----------------------------|----------------------|--------------------|---------------|
| Área plantada              | 12,7 ha              | 4,7 ha             | 5,76 ha       |
| Tipo de área               | Campo                | Campo              | Vazante       |
| Irrigação                  | Não                  | Não                | Não           |
| Preparo do solo            | Trator               | Trator             | Manual        |
| Plantio                    | Trator               | Manual             | Manual        |
| Manejo das daninhas        | Herbicida seletivo   | Herbicida seletivo | Capina Manual |
| Manejo de pragas e doenças | Inseticida (colosso) | -                  | -             |
| Adubação                   | -                    | -                  | -             |
| Colheita                   | Manual               | Manual             | Manual        |
| Pós-colheita               | Debulhadeira         | Debulha Manual     | Corte Manual  |
| Produtividade              | 1840 kg/ha           | 660 kg/ha          | -             |

**Animais**

| Animal        | Quantidade (média) | Produtividade (média) | Alimentação (inverno)  | Alimentação (verão)   |
|---------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Vaca leiteira | 19                 | 222 L/dia             | Ração, Capim, Caatinga | Ração, Silagem, Capim |
| Vaca solteira | 15                 | -                     | Caatinga, Pasto        | Caatinga, Silagem     |
| Gado jovem    | 16                 | -                     | Caatinga, Pasto        | Caatinga, Silagem     |
| Gado de corte | 14                 | 163 kg                | Caatinga, Pasto        | Caatinga, Silagem     |
| Touro         | 1                  | -                     | Caatinga, Pasto        | Caatinga, Silagem     |
| Ovelha        | 50                 | -                     | -                      | -                     |
| Porco         | 11                 | -                     | -                      | -                     |
| Galinha       | 25                 | -                     | -                      | -                     |



## IDEOTIPO DO GRUPO 4 - PRODUTORES DE LEITE COM SILAGEM

Área total: 22 ha

Área cultivada: 6 ha

Abre novas áreas a cada 2 anos

Pousio: planta 1 ano, descansa 1 ano

Queima após abertura de áreas

### Plantios

| Características            | Milho Silagem      | Feijão            | Palma         | Capim         |
|----------------------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------|
| Área plantada              | 3,5 ha             | 0,5 ha            | 1 ha          | 1 ha          |
| Tipo de área               | Campo              | Campo             | Campo         | Vazante       |
| Irrigação                  | Não                | Não               | Não           | Não           |
| Preparo do solo            | Trator             | Trator            | Manual        | Manual        |
| Plantio                    | Trator             | Manual            | Manual        | Manual        |
| Manejo das daninhas        | Herbicida seletivo | Capina manual     | Capina manual | Capina manual |
| Manejo de pragas e doenças | Uso de inseticida  | Uso de inseticida | -             | -             |
| Adubação                   | Esterco            | Esterco           | -             | -             |
| Colheita                   | Trator             | Manual            | Manual        | Manual        |
| Pós-colheita               | Silagem            | -                 | -             | -             |
| Produtividade              | 1800 kg/ha         | 500 kg/ha         | -             | -             |

### Animais

| Animal        | Quantidade | Produtividade  | Alimentação (inverno) | Alimentação (verão) |
|---------------|------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Vaca leiteira | 12         | 8,5 L/vaca.dia | Capoeira              | Silo, capim e palma |
| Vaca solteira | 4          | -              | Capoeira              | Silo, capim e palma |
| Gado jovem    | 22         | -              | Capoeira              | Silo, capim e palma |
| Gado de corte | -          | -              | Capoeira              | Silo, capim e palma |
| Touro         | 1          | -              | Capoeira              | Silo, capim e palma |
| Ovelha        | 8          |                |                       |                     |
| Porco         | -          |                |                       |                     |
| Galinha       | 10         |                |                       |                     |

**IDEOTIPO DO GRUPO 5 - PRODUTORES DIVERSIFICADOS COM IRRIGAÇÃO**

Área total: 33 ha  
Área cultivada: 6.6 ha  
Não abre novas áreas  
Pousio: não faz  
Não realiza queima

**Plantios**

| Características            | Milho Grão           | Capim                  | Coco                        | Pimentão  |
|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|---|
| Área plantada              | 2,9 ha               | 0,5 ha                 | 0,2 ha (25 pés)             | 3,0 ha  |
| Tipo de área               | Campo                | Campo                  | Campo                       | Campo   |
| Irrigação                  | Não                  | Aspersão<br>Bomba 5 cv | Microaspersão<br>Bomba 5 cv | Gotejamento<br>Bomba 5 cv   |
| Preparo do solo            | Trator               | Trator                 | Herbicida                   | Trator  |
| Plantio                    | Manual               | Manual                 | Manual                      | Manual  |
| Manejo das daninhas        | Herbicida seletivo   | -                      | Manual                      | Manual  |
| Manejo de pragas e doenças | Inseticida (colosso) | -                      | Não faz                     | Inseticidas (Lannate e Decis)                                       |
| Adubação                   | -                    | Esterco                | Boro<br>Cálcio<br>Potássio  | NPK<br>Esterco<br>Nitrato de cálcio<br>Cloreto de potássio<br>Ureia |
| Colheita                   | Manual               | Manual                 | Manual                      | Manual  |
| Pós-colheita               | Debulhadeira         | -                      | -                           | -   |
| Produtividade              | 2000 kg/ha           | -                      | 800 cocos/mês               | 6350 kg/ha  |

**Animais**

| Animal        | Quantidade | Produtividade | Alimentação (inverno) | Alimentação (verão)    |
|---------------|------------|---------------|-----------------------|------------------------|
| Vaca leiteira | 13         | 10 L/vaca.dia | Caatinga e ração      | Pasto irrigado e ração |
| Vaca solteira | 8          | -             | Caatinga              | Pasto irrigado         |
| Gado jovem    | 17         | -             | Caatinga              | Pasto irrigado         |
| Touro         | 1          | -             | Caatinga              | Pasto irrigado         |
| Galinha       | 15         | -             | Milho grão            | Milho grão             |



**IDEOTIPO DO GRUPO 6 - PRODUTORES DIVERSIFICADOS DE SEQUEIRO**

Área total: 15 ha

Área cultivada: 10 ha

Abre novas áreas a cada 3 anos

Pousio: planta 2 anos, descansa 2 anos

Queima após abertura de áreas

**Plantios**

| Características            | Milho Grão         | Milho silagem      | Feijão               | Capim      |
|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Área plantada              | 2 ha               | 4,8 ha             | 1,1 ha               | 1,8 ha     |
| Tipo de área               | Campo              | Campo              | Campo                | Vazante    |
| Irrigação                  | Não                | Não                | Não                  | Não        |
| Preparo do solo            | Trator             | Trator             | Trator               | Manual     |
| Plantio                    | Manual             | Trator             | Manual               | Manual     |
| Manejo das daninhas        | Herbicida seletivo | Herbicida seletivo | Manual               | Manual     |
| Manejo de pragas e doenças | Não faz            | Não faz            | Inseticida (colosso) | Não faz    |
| Adubação                   | Não faz            | Esterco            | Não faz              | Não faz    |
| Colheita                   | Manual             | Trator             | Manual               | Manual     |
| Pós-colheita               | Debulhadeira       | Forrageira         | Não faz              | Forrageira |
| Produtividade              | 2300 kg/ha         | 13200 kg/ha        | 430 kg/ha            | -          |

**Animais**

| Animal        | Quantidade | Produtividade  | Alimentação (inverno) | Alimentação (verão) |
|---------------|------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| Vaca leiteira | 8          | 9,8 L/vaca.dia | Ração/Caatinga/Capim  | Ração/Silagem       |
| Vaca solteira | 4          | -              | Caatinga/Capim        | Caatinga/Silagem    |
| Gado jovem    | 13         | -              | Caatinga/Capim        | Caatinga/Silagem    |
| Gado de corte | -          | -              | -                     | -                   |
| Touro         | 1          | -              | Caatinga/Capim        | Caatinga/Silagem    |
| Ovelha        | 21         | -              | Caatinga/Capim        | Caatinga/Silagem    |
| Porco         | 3          | -              | -                     | -                   |
| Galinha       | 22         | -              | -                     | -                   |