




Article

Sustentabilidade Apícola em Ambiente Semiárido do Brasil: Determinação de Pontos Críticos

Carlos Antonio Lira Felipe Neto¹ , Xaila Sant Anna Amaral² , Franciso de Assis Salviano de Sousa³ 

¹ Doutor em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil; ORCID: 0000-0003-3626-8984; e-mail: calfneto@hotmail.com.

² Mestra em Engenharia Sanitária; Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil; ORCID: 0000-0002-5233-8180; e-mail: xailinha@hotmail.com.

³ Doutor em Hidráulica e Saneamento; Professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil; ORCID: 0000-0002-4085-0785; e-mail: francisco.salviano@ufcg.edu.br.

RESUMO

No cenário global, a atividade apícola tem vivenciado uma série de ameaças provocada, principalmente, pela modernização da agricultura. No Brasil, o segmento apícola tem enfrentado ainda carências de planejamento, organização, gerenciamento técnico e de suporte público. Tais condições podem arriscar a sustentabilidade da apicultura, especialmente quando submetida a estresses climáticos intensos, característicos de regiões semiáridas. A compreensão científica desse prognóstico tem sido urgentemente requisitada para garantir o futuro da apicultura. Por esta razão, pretende-se com este estudo identificar pontos críticos acerca da sustentabilidade de sistemas de produção apícolas localizados em ambiente semiárido do Brasil. O Marco para a Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (Mesmis) foi aplicado em 19 unidades de análise, fazendo-se uso da literatura especializada, de visitas de campo e de entrevistas semiestruturadas. O confronto de dados (primários e secundários) pela equipe da pesquisa permitiu o apontamento de nove pontos críticos (assistência pública, associativismo, capacitação, qualidade de vida, qualidade da paisagem, variabilidade climática, manejo, autonomia e produtividade apícola). Essa conjuntura evidenciou questões ambientais, sociais e econômicas da atividade apícola atual, que precisam ser consideradas pelos atores sociais envolvidos. Logo, a (in)sustentabilidade de sistemas apícolas no Semiárido brasileiro pode ser determinada pelo nível de comprometimento com a correção de fragilidades e com o aprimoramento de potencialidades apícolas.

Palavra-chave: apicultura; sustentabilidade; mesmis; semiárido brasileiro.

ABSTRACT

In the global scenery, the beekeeping activity is experiencing a series of threats caused, mainly, by the modernization of agriculture. In Brazil, the beekeeping segment also has faced deficiencies of planning, organization, technical management and public support. Such conditions can risk the sustainability of beekeeping, especially when subjected the intense climatic stresses, characteristics of semiarid regions. The scientific understanding of this prognostic has been urgently requested to ensure the future of beekeeping. For this reason, this study aims to identify critical points about the sustainability of beekeeping production systems located in semiarid environment in Brazil. The Framework for Evaluating of Natural Resource Management Systems Incorporating Sustainability Indicators (Mesmis) was applied in 19 analysis units, making use of specialized literature, field visits and semi-structured interviews. The confrontation of data (primary and secondary) by the researchers allowed the identification of nine critical points (public assistance, associativism, capacitation, quality of life, landscape quality, climatic variability, management, autonomy and bee productivity). This conjuncture revealed environmental, social and economic issues of the current beekeeping, which need to be considered by the social actors involved. Therefore, the (in)sustainability of beekeeping systems in the Brazilian Semiarid can be determined by the level of commitment with the correction of weaknesses and with the improvement of beekeeping strengths.

Keywords: beekeeping; sustainability; same; Brazilian semiarid.



Submissão: 25/05/2020



Aceite: 20/12/2022



Publicação: 30/12/2022



1. Introdução

O desenvolvimento da apicultura global (criação racional de abelhas do gênero *Apis*) tem sido desafiada pela agricultura industrial, cujo arcabouço tecnológico tem afetado os polinizadores e seus serviços ecossistêmicos mediante redução da disponibilidade e diversidade de recursos florais, bem como exposição a agroquímicos (Goulson & Nicholls 2022). Essa conjuntura tem se tornado mais evidente nos países ocidentais (como é o caso do Brasil), onde agricultores têm intensificado suas produções agrícolas de modo que as paisagens naturais estão sendo transformadas em extensos cultivos de monoculturas altamente dependentes de agroquímicos (Decourtye et al. 2010), o que acende o sinal de alerta do segmento apícola.

No contexto brasileiro, os polinizadores têm contribuído economicamente com US\$ 12 bilhões da renda agrícola anual das lavouras dependentes de polinização (Giannini et al. 2015), estando a apicultura do país na 11ª posição no *ranking* mundial com a produção de 42.346 toneladas de mel natural (Faostat 2018). Mesmo com relevância econômica e produtiva, os sistemas apícolas brasileiros, destinados à criação de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em sistemas apícolas fixistas (SAF) e migratórios (SAM)¹, têm enfrentado diversas fragilidades no seu planejamento, na sua organização e no seu gerenciamento técnico. Essa realidade pode ser mais desafiadora para aqueles sistemas desassistidos politicamente e desenvolvidos no Semiárido brasileiro, cuja região tem se destacado como um *hotspot* socio-climático do país (Torres et al. 2012). Tais condicionantes podem inviabilizar o desenvolvimento desse segmento ao longo do tempo, sinalizando, portanto, um futuro incerto.

Essa problematização revela que o desenvolvimento da apicultura se encontra em estado de alerta, gerando questionamentos quanto aos seus níveis de sustentabilidade. Para Jongh et al. (2022), problemas complexos, como exemplo a relação entre abelhas, mudanças climáticas e poluentes ambientais, precisam ser compreendidos a partir de lentes interdisciplinares. Na busca por caminhos metodológicos capazes de possibilitar respostas para tais inquietações, a literatura especializada revela a inexistência de uma fórmula padrão, pois existe uma diversidade de modelos, que têm buscado validar através de ações práticas os anseios teóricos do desenvolvimento sustentável. Dentre as ferramentas disponíveis na contemporaneidade está o Marco para a Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (Mesmis), isto é, um instrumento interdisciplinar com aplicações em diversos países do mundo, incluindo o Brasil.

Considerando essa conjuntura, pretende-se neste estudo identificar pontos críticos acerca da sustentabilidade de sistemas de produção apícolas localizados em ambiente semiárido do Brasil mediante aplicação do Mesmis. A compreensão de pontos críticos de sistemas apícolas no Semiárido, considerando as dimensões da sustentabilidade, é medida que se faz necessária para garantir a provisão futura dos serviços ecossistêmicos ofertados pelas abelhas africanizadas no Nordeste brasileiro. De modo sumário, a salvaguarda desses serviços representa a proteção de polinizadores e seus valores para o bem-estar humano (Potts et al. 2016).

O presente estudo encontra-se estruturado em mais 4 seções, além desta parte introdutória. Na primeira seção será discutida a dinâmica conceitual que norteia esta investigação. A segunda seção descreve o caminho metodológico percorrido para o desenvolvimento deste estudo. Em consequente, a terceira seção apresenta os resultados apurados, discutindo-os com a contribuição de outras experiências científicas. Finalmente, na quarta

¹ O que diferencia conceitualmente um sistema do outro é o manejo do apicultor em relação à mobilidade ou não das suas colmeias. Em outras palavras, no sistema apícola fixista (SAF), as colmeias encontram-se instaladas permanentemente num determinado lugar (em situação fixa), enquanto no sistema apícola migratório (SAM) as colmeias são transportadas para pastagens apícolas diferentes, ou seja, as colmeias são móveis (Couto & Couto 2006).



seção, são sistematizadas as principais considerações relativas às potencialidades e limitações que têm influenciado a atividade apícola no Semiárido brasileiro.

2 Notas Teóricas

Esta seção aborda uma reflexão acerca dos principais temas que envolvem a dinâmica teórica do presente estudo. Como ponto de partida se debate o entendimento de desenvolvimento sustentável (DS) e de sustentabilidade. Uma discussão ampla aponta que essas terminologias têm ganhado destaque na contemporaneidade, tanto de maneira específica quanto globalizada, cobrindo uma escala complexa de ideias e significados devido à pluralidade de propósitos (Lemos & Barros 2007). Grosso modo, o DS tem representado o caminho percorrido para o alcance a sustentabilidade, ou seja, a sustentabilidade é o produto de um conjunto de ações ancoradas no DS (Sartori et al. 2014).

O desafio prático de representar a complexidade da sustentabilidade pode ser justificada pela existência de diversos modelos metodológicos e suas respectivas abordagens em uso na atualidade (Costa 2010, Marzall 1999, Sanchez & Matos 2012). Esses modelos têm buscado a simplificação de fenômenos complexos mediante indicadores e índices. Em uma análise superficial, o índice representa o valor agregado final de todo um procedimento avaliativo, enquanto os indicadores se comportam como variáveis que compõem esse índice (Siche et al. 2007). Por outra forma, os indicadores têm se comportado como instrumentos de avaliação da sustentabilidade, podendo ser isolados, combinados, condensados em forma de índices e utilizados de maneira estruturada, mediante os modelos utilizados na avaliação (Costa 2010).

Considerando esse entendimento, o modelo Mesmis com validação reconhecida internacionalmente (Speelman et al. 2007) foi selecionado como marco teórico-metodológico do presente estudo. Esse sistema de indicadores, desenvolvido por Maser et al. (1999), tem sido destinado ao estudo comparativo de sistemas de manejos alternativos sobre uma base multidimensional, capaz de selecionar indicadores e guiar tomadores de decisão (Astier et al. 2008). Tal estrutura, composta por um ciclo avaliativo de seis etapas (Figura 1), é considerada participativa, sistemática, flexível e interdisciplinar (Speelman et al. 2007). Esta característica, em particular, representa uma resposta acadêmica fundamental na busca pelo entendimento da sustentabilidade (Erbaugh et al. 2019).

A ferramenta Mesmis tem sido aplicada em contextos diferentes no Semiárido brasileiro (Alencar et al. 2018, Martins et al. 2017, Silva & Cândido 2014), demonstrado sua capacidade de compreender a complexidade de sistemas produtivos em um ambiente caracterizado por baixo índice pluviométrico (Teixeira 2016) e por florestas secas e vegetação arbustiva decíduas (Tabarelli et al. 2018). No estudo em tela, a aplicação do Mesmis com a apicultura é pioneira, embora sejam conhecidos incipientes estudos sobre a sustentabilidade apícola com outros arranjos metodológicos (Borges et al. 2014, Pinheiro 2011, Sousa 2013).

Na visão de Patel et al. (2021), as abelhas têm ocupado um importante papel ecológico como polinizadores de muitas espécies de plantas com flores, contribuindo potencialmente para 15 dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas. Nesse contexto, a apicultura tem se comportado não apenas como uma atividade agrícola, mas com a capacidade de estimular a conservação ambiental (Casanelles-Abella & Moretti 2022). Ademais, o segmento apícola tem representado potencial direto e indireto para a subsistência rural e a geração de emprego (Abro et al. 2022).

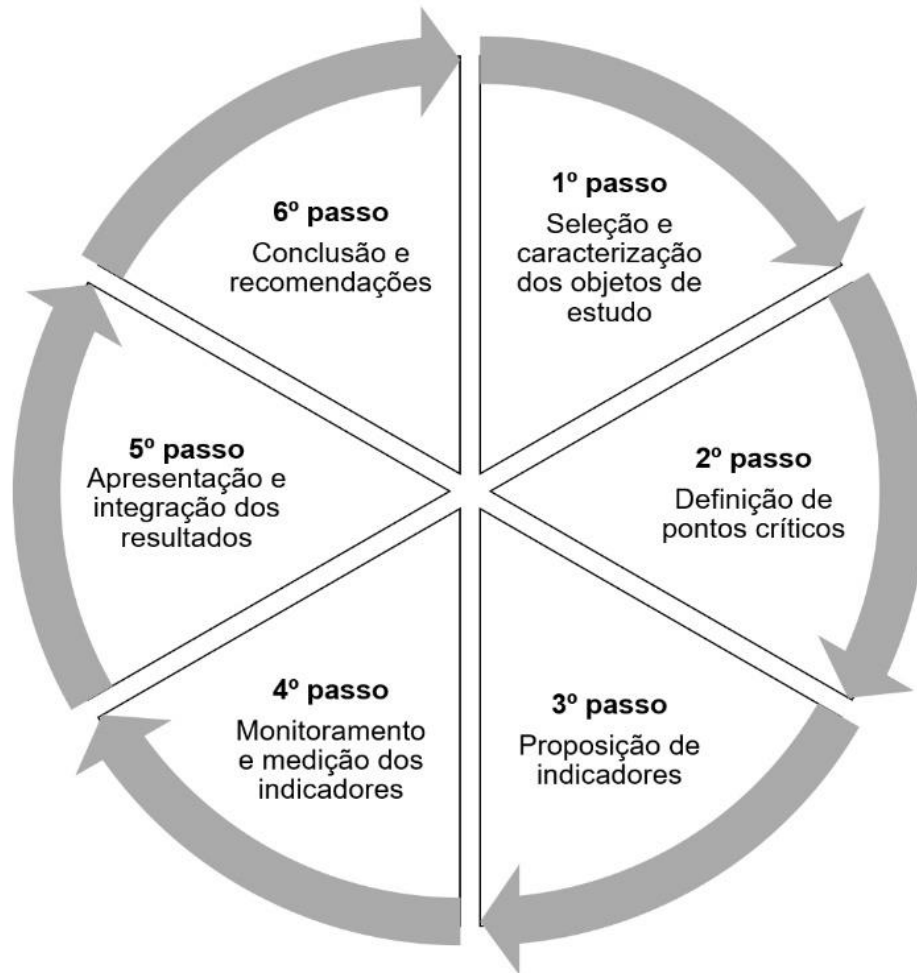


Figura 1. Ciclo avaliativo do Mesmis. Fonte: adaptado de Masera et al. (1999).

A literatura tem apresentado o desenvolvimento da apicultura a partir de dois modelos: apicultura fixista (também chamada de estacionária) e apicultura migratória. Esses modelos foram descritos no estudo em tela como sistemas apícolas fixistas (SAF), nos quais as colmeias são mantidas em um determinado lugar, e migratórios (SAM), que permitem o deslocamento das colmeias para locais diferentes (Couto & Couto 2006). Estes autores apontam que a apicultura fixista facilita a manejo do apicultor em detrimento da migratória, porém os SAM podem alcançar produtividade de mel superior, atingindo 500% em relação aos SAF. Souza et al. (2007) destacam que o transporte de colmeias para culturas de interesse econômico tem contribuído consideravelmente para o aumento da produtividade dos frutos.

Pesquisadores têm sinalizado que as práticas migratórias e seus efeitos na saúde e na diversidade genética das colônias de abelhas melífera precisam ser levadas em consideração para o desenvolvimento da apicultura sustentável (JARA et al. 2021). Para estes autores, a exploração extensiva da apicultura migratória tem representado um risco evidente para a propagação de doenças e uma maior taxa de infestação de patógenos. Na concepção de Martínez-Lopez et al. (2022), essa suscetibilidade a patógenos e parasitas pode ser justificada pelo estresse provocado nas abelhas durante o deslocamento das colmeias. Por outro lado, Guimarães-Cestaro et al. (2017) não identificaram diferenças estatísticas significativas nas taxas de infestação dos patógenos analisados em apiários fixos e migratórios no estado de São Paulo.

Em situações de escassez de recursos florais, o processo migratório conduzido pelo apicultor tem sido aconselhável mesmo considerando possíveis riscos à saúde e à longevidade das abelhas (Simone-Finstrom et al.



2016). Essa situação representa a realidade de muitos apicultores do Semiárido brasileiro, que durante o período seco adotam estratégias de convivência como a alimentação artificial e a migração de colmeias. Nesse ambiente, a apicultura tem enfrentado déficits operacionais e desassistência pública (Oliveira 2015), bem como baixa produtividade e perda de colmeias em virtude de reduzidos índices pluviométricos em anos recorrentes (Vidal 2017), desafiando o futuro da criação de abelhas africanizadas nessa região do Brasil.

Uma visão global aponta que o desenvolvimento da apicultura tem sido ameaçado pela modernização da agricultura e suas implicações, com destaque para a fragmentação de habitats, o cultivo de espécies geneticamente modificadas e a utilização acentuada de agrotóxicos (Brittain & Potts 2011, Goulson & Nicholls 2022, Kennedy et al. 2013, Pilati & Prestamburgo 2016, Potts et al. 2016). Nesse sentido, prejuízos a populações de abelhas podem arriscar a manutenção da diversidade de plantas silvestres e a estabilidade ecossistêmica (Gallai et al. 2009, Garibaldi et al. 2013). Tal realidade sugere que as políticas globais devem concentrar seus esforços na redução da pressão das mudanças na cobertura e configuração da terra e dos pesticidas (Dicks et al. 2021).

Essas notas teóricas apontam a pertinência e o estímulo científico do fenômeno aqui explorado. Os pressupostos teóricos apresentados até o momento contribuem para o embasamento científico deste artigo, sendo abordados temas como: desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, indicadores de sustentabilidade com destaque para o método Mesmis e os desafios da apicultura. Esse suporte científico contribui para a elucidação dos pontos críticos vivenciados por sistemas apícolas em um ambiente semiárido. A seguir é apresentado o percurso metodológico aplicado por este estudo.

3 Procedimentos Metodológicos

3.1 Caracterização da Pesquisa

Este estudo foi desenvolvido, sobretudo, em ambiente semiárido, mais precisamente no Nordeste brasileiro, envolvendo as seguintes unidades federativas: Ceará (CE), Maranhão (MA), Paraíba (PB), Piauí (PI) e Rio Grande do Norte (RN). No Estado da PB, em particular, foram selecionados 19 apicultores (15 fixistas e 04 migratórios), mais precisamente nos seguintes municípios: Catolé do Rocha, Jericó, Paulista, Riacho dos Cavalos e São Bento (Figura 2).

O período de levantamento de dados ocorreu entre 2017 e 2018, sendo considerado os anos produtivos de 2016 e 2017. Para a compreensão do fenômeno em questão, foram utilizados dados primários e secundários a partir do emprego de alguns procedimentos importantes, como: pesquisa bibliográfica, pesquisa em fontes documentais e pesquisa empírica. Esta pesquisa, singularmente, garantiu maior aproximação do arcabouço teórico com o cotidiano dos apicultores do Semiárido brasileiro.

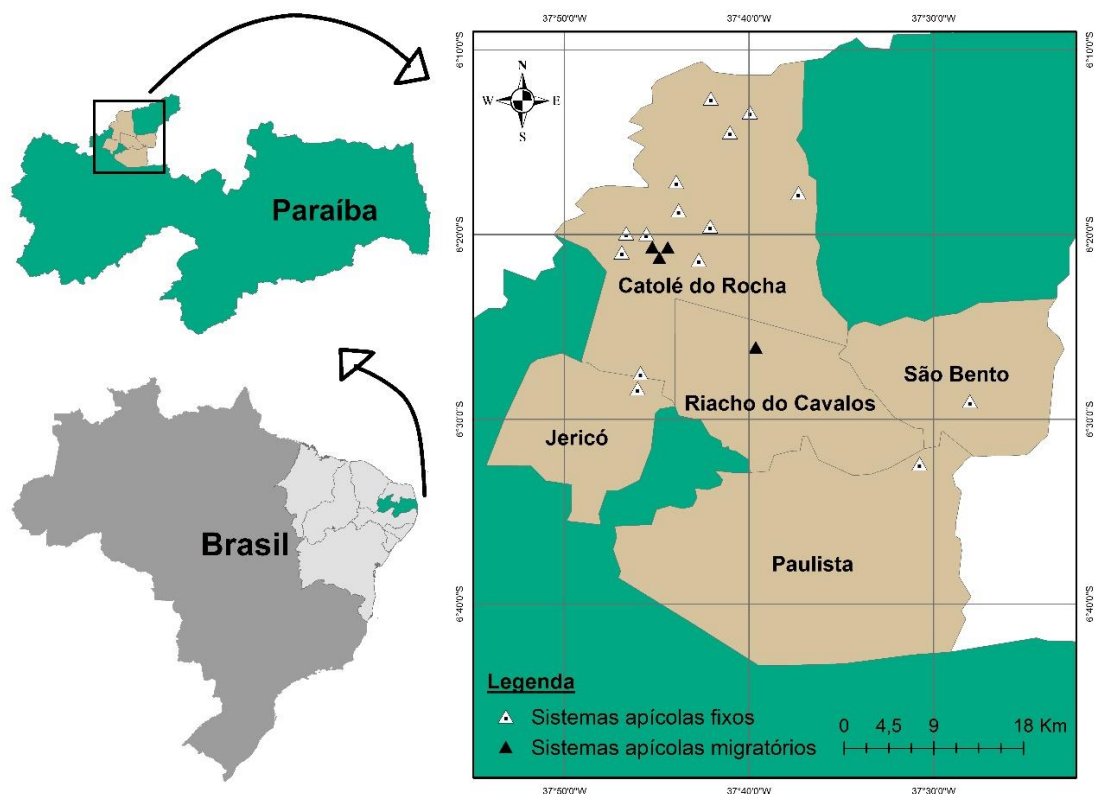


Figura 2. Localização dos sistemas apícolas fixistas e migratórios investigados. Fonte: Autores (2020).

3.2 Ferramenta de Análise

Para o desenvolvimento deste estudo aplicou-se o método Mesmis, sendo cumpridos o 1º (seleção e caracterização dos objetos de estudo) e 2º (definição de pontos críticos) passos na busca pela identificação dos pontos críticos (potencialidades e limitações) envolva da sustentabilidade de sistemas apícolas fixistas (SAF) e de sistemas apícolas migratórios (SAM) em ambiente semiárido.

3.2.1 Seleção e caracterização dos objetos de estudo (1º passo)

O ciclo avaliativo do Mesmis teve início com um levantamento de informações a partir de referencial bibliográfico. Os dados secundários da produtividade de mel, disponibilizados pela plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2014), conduziram uma análise preliminar para a seleção do recorte geográfico do estudo. Dessa forma, constatou-se que a Mesorregião Sertão Paraibano, mais precisamente a Microrregião de Catolé do Rocha, era responsável pela maior produtividade de mel do Estado da Paraíba. Sendo assim, foi possível direcionar o estudo para essa região. Na sequência, realizou-se um levantamento de associações e/ou cooperativas atuantes na região, sendo selecionada a Cooperativa de Apicultores de Catolé do Rocha (COOAPIL) por questões de logística, recursos e acessibilidade.

O primeiro encontro dos pesquisadores com o grupo de apicultores da região ocorreu em janeiro de 2017. Essa primeira interação, conjuntamente com a literatura especializada levantada, embasou a elaboração de uma entrevista semiestruturada contemplando questões abertas e fechadas, cuja aplicação ocorreu entre os meses de outubro de 2017 e março de 2018. Na definição das unidades apícolas estudadas foi considerado o interesse por acessibilidade ou por conveniência dos apicultores, sendo garantido o sigilo da fonte e as demais exigências acordadas pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme instruções do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Campina Grande (CEP/HUAC).



Portanto, considera-se que a harmonização do aporte teórico, da colaboração dos apicultores, de informações obtidas pelo representante da COOAPIL, do banco de dados primários e secundários, dos registros e do olhar observador dos pesquisadores, conduziu um entendimento robusto dos 19 sistemas apícolas estudados. Tal diagnóstico revelou uma aproximação da realidade vivenciada pelas apiculturas fixista e migratória na região semiárida brasileira, tendo como abordagem a sustentabilidade.

3.2.2 Definição de pontos críticos (2º passo)

Finalizada a caracterização dos sistemas apícolas, o estudo teve continuidade com a definição dos pontos críticos. Nesse processo, utilizaram-se da observação não participante, explorando a percepção da equipe de pesquisa, das variáveis preconizadas pelo Mesmis e da experiência dos apicultores selecionados. Registra-se também que a observação dos pesquisadores possibilitou o confrontamento dos dados primários com os dados secundários, garantindo um respaldo mais genuíno da realidade dos sistemas apícolas estudados. Sendo assim, os pontos críticos foram definidos considerando, estrategicamente, potencialidades e limitações que têm condicionado a (in)sustentabilidade dos sistemas apícolas no Semiárido brasileiro.

4 Apresentação e Discussão dos Resultados

4.1 Caracterização dos Sistemas Apícolas (1º PASSO)

Neste momento, inicia-se a caracterização dos sistemas apícolas investigados. A colaboração de 19 apicultores permitiu a reunião de informações fundamentais para a compreensão dos SAF e dos SAM. A apicultura fixista desenvolvida na Microrregião de Catolé do Rocha da Paraíba (PB), considerando a amostragem de 15 unidades de análise, conta com apicultores experientes (média de 18 anos de experiência). A maioria dos SAF (53%) têm na participação familiar um suporte para o desenvolvimento de sua atividade produtiva. Na concepção de Abro et al. (2022), a atividade apícola tem a capacidade de oferecer oportunidades substanciais para muitos agricultores sem-terra, incluindo mulheres e jovens.

Os SAF apresentaram um elevado nível de entrosamento com a cooperativa de apicultores da região – a COOAPIL. Por outro lado, observou-se que diante de secas recorrentes, importante instituição de apoio, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), deixou de prestar assistência aos apicultores, dificultando ainda mais a permanência da atividade e afetando negativamente a sua sustentabilidade. Essa realidade pôde ser evidenciada mediante descuidos de manejo de colmeias, falta de acesso ao crédito, uso de agrotóxico, carência de autonomia e dificuldades de gestão. Tais desafios têm colocado a apicultura fixista como uma atividade de renda secundária ou complementar, exigindo que apicultores busquem alternativas financeiras mais seguras. Essa questão pode ser observada mediante as profissões adicionais, declaradas pelos apicultores entrevistados, como apontadas a seguir: agricultor (60%), motorista (13,33%), comerciante (6,67%), vendedor (6,67%), agente de saúde (6,67%) e zootecnista (6,67%). Outra justificativa para esse resultado é a baixa produtividade dos SAF (9,54 kg de mel/colmeia/ano), a qual tem se concentrado quase que exclusivamente no período chuvoso.

Os SAM também contam com experientes apicultores (média de 22 anos de experiência), os quais se dedicavam anteriormente à apicultura fixista, a qual se mostrou inviabilizada pelo período de seca característico da região. Além disso, destaca-se que apenas 25% desses sistemas têm na participação familiar um suporte para o desenvolvimento de sua atividade produtiva. Outrossim, esses apicultores, em sua maioria, não apresentam um relacionamento estreito com a COOAPIL, como observado com os SAF. Contudo, verificou-se uma forte colaboração mediante o transporte em equipe das colmeias para outros estados do Nordeste brasileiro, cuja rota de migração envolve os seguintes Estados: Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte.



A migração racional de abelhas africanizadas, nessa região, tem gerado desempenho econômico positivo, o que tem tornado esse modelo de criação uma fonte de renda principal. Tal entendimento se consolida em razão de que nenhum apicultor migratório mencionou a necessidade de fonte de renda complementar para o sustento de sua família. Outra corroboração é evidenciada pela produtividade média de mel das colmeias (36,78 kg/colmeia ao ano), a qual tem sido assegurada pela alternância de pastos apícolas. Convém esclarecer que o destino da produção de mel tem representado uma diferença marcante entre os sistemas. No caso dos SAM, a parcela mais expressiva do mel produzido tem sido escoada para o mercado internacional, enquanto os SAF têm abastecido, principalmente, o comércio local e a COOAPIL. Registra-se que a produção do mel dos SAF tem a via de comercialização interceptada por atravessadores, como revelaram 33,33% dos apicultores fixistas entrevistados, o que representa um obstáculo para o desenvolvimento da atividade.

Grosso modo, a maioria dos apicultores apresentou entendimento de técnicas modernas de manejo, embora não tenha sido observada a sua aplicabilidade. Pontua-se, ainda, que os grupos de apicultores fixista e migratório têm conhecimento sobre importantes espécies vegetais e domínio de suas floradas, o que é fundamental para o desenvolvimento da apicultura na região. É evidente que esses modelos apícolas têm uma importante atuação para o desenvolvimento regional, contribuindo para a renda de diversas famílias, bem como para a manutenção da flora nativa e agrícola no Semiárido. Dando sequência a aplicação do ciclo avaliativo do Mesmis, os pontos críticos serão revelados adiante.

4.2 Definição de Pontos Críticos (2º PASSO)

A partir da caracterização dos sistemas apícolas e suas particularidades, foi possível construir um conjunto de informações, que direcionou para a definição de denominadores comuns, ou seja, de pontos críticos. Ao todo, foram identificados nove pontos críticos; cada um relacionado com uma dimensão da sustentabilidade: social, ambiental e econômica (Figura 3). Na dimensão social, foram identificados como suportes fundamentais a assistência pública, o associativismo, a capacitação e a qualidade de vida. Em relação à dimensão ambiental, a qualidade da paisagem e a variabilidade climática foram declaradas componentes indispensáveis para a sobrevivência das abelhas, especialmente no período seco. Por último, a dimensão econômica foi representada pelo manejo, pela autonomia e pela produtividade apícola. A seguir, cada ponto crítico elencado é respaldado considerando a literatura científica e o conhecimento empírico abarcado por esta investigação.

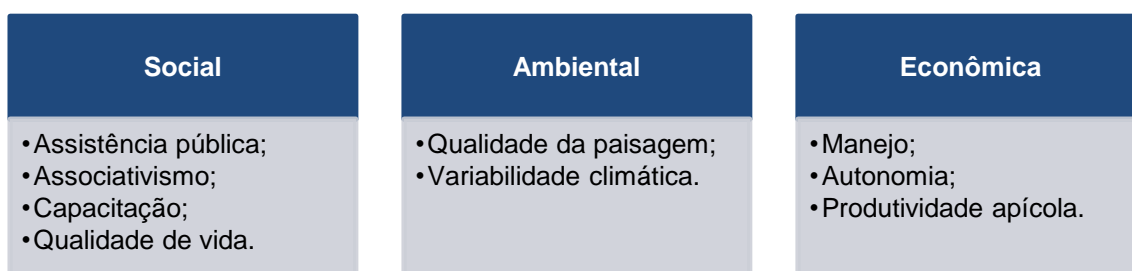


Figura 3. Organização dos pontos críticos por dimensão da sustentabilidade. Fonte: Autores (2020).

4.2.1 Dimensão social

Com vinculação à dimensão social, a assistência pública foi estabelecida como ponto crítico pela sua capacidade de permitir o assessoramento de produtores rurais, fortalecendo suas cadeias de produção através de técnicas aprimoradas de utilização de recursos disponíveis (Galletti 1974). Caso o assistencialismo no Brasil fosse ofertado de forma descentralizada e continuada nas diversas regiões do país, talvez a realidade desafiadora



da maioria dos produtores rurais fosse outra, ou seja, facilitadora. Na concepção de Castro (2015), os pequenos produtores rurais do segmento da agricultura familiar, historicamente, têm recebido menos atenção do Estado na forma de políticas públicas. Tal entendimento reforça o contexto vivenciado por apicultores do Sertão Paraibano, os quais se veem desassistidos quanto ao suporte técnico e financeiro.

Observando a oferta de orientação técnica no Brasil de forma regionalizada, verifica-se que o assistencialismo foi insuficiente e ofertado de forma diferenciada entre as regiões do país, como aponta o estudo de Garagorry et al. (2002): 14,6% (Nordeste), 14,5% (Norte), 32% (Centro-Oeste), 41,5% (Sudeste) e 50,5% (Sul). Considerando o censo agropecuário (Brasil 2019) pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a situação não revelou melhorias, como apontam os seguintes percentuais: 7,45% (Nordeste), 10,39% (Norte), 23,61 (Centro-Oeste), 28,62% (Sudeste) e 48,57% (Sul). O confronto desses estudos demonstra que a necessidade de suporte técnico se agravou mesmo no intervalo de 15 anos, desafiando políticas públicas brasileiras e dificultando ainda mais a vida da maioria dos produtores rurais, especialmente daqueles residentes das regiões Norte e Nordeste.

Outro ponto crítico, revelado por este estudo, foi o associativismo. Tal seleção se substancia em virtude da importância de associações para o fortalecimento das atividades produtivas locais, cujas ações potencializam a comercialização dos produtos, o aprimoramento de técnicas de manejo e a partilha de experiências entre associados. Sobre o assunto, Aquino e Lacerda (2015) ponderam que a baixa adesão de produtores em organizações sociais coletivas tem se apresentado de maneira desfavorável, sinalizando uma situação de isolamento para o produtor rural. De acordo com Castro (2015), na região Sul do Brasil a proporção de agricultores que aderem ao sistema de cooperativas tem sido maior do que nas demais regiões brasileiras. Para este pesquisador, esse maior engajamento tem sido responsável pela atuação marcante das cooperativas da região Sul em oferecer assistência técnica satisfatória para seus associados. Considerando o recorte geográfico do presente estudo, destaca-se a Cooperativa de Apicultores de Catolé do Rocha (COOAPIL), como um importante espaço que interliga diversos apicultores da região, porém a sua oferta de assistência técnica foi considerada inexistente ou insatisfatória pela maioria dos apicultores entrevistados, considerando os anos de 2016 e 2017.

Para Lorenzon et al. (2012) o trabalho associativista se apresenta como um caminho de troca de ideias e experiências, de identificação objetiva de problemas e direcionamento de soluções possíveis, de incorporação (conjunta) de tecnologias e facilidade no escoamento da produção. Estes autores apontam também as principais dificuldades de adesão ao associativismo no campo apícola, como sendo: individualismo, desconfiança, oportunismo na esfera hierárquica das associações, capacidade comprometida no trato de questões jurídicas e processuais da associação, falta de crédito e dificuldades de acesso a reuniões. Essas limitações dificultam a estabilidade de segmentos produtivos rurais.

Essa contextualização revela a necessidade premente do engajamento de produtores rurais (aqui chama-se a atenção de apicultores “desconectados”) em organizações comunitárias de suas regiões para que os desafios particulares sejam superados em um alicerce coletivo. Tal estratégia tem se constituído como um mecanismo capaz de agregar capacidade produtiva e comercial aos associados, assegurando-os a viabilização de suas cadeias de produção. A troca de experiências e a utilização de uma estrutura comum têm possibilitado a maximização do potencial de cada participante, resultando maior retorno por seu trabalho (Lengler et al. 2007).

É oportuno esclarecer que o associativismo também pode ser exercido de outras maneiras, como, por exemplo, a realização conjunta de atividades com o objetivo de reduzir gastos com a mão de obra. Essa abordagem é descrita por este estudo, pois a maioria dos apicultores fixos e migratórios do Sertão Paraibano tem atuado através de parcerias, tanto no período de colheita de mel quanto no transporte de colmeias



migratórias. Embora o associativismo possa ser visualizado por este ângulo, as organizações comunitárias continuam sendo fundamentais, atuando como pontes de diálogo e contribuindo para o entrosamento dos associados.

A experiência empírica permitiu também a seleção do ponto crítico capacitação em razão do seu poder de transformação, capaz de apoiar e incentivar o uso de técnicas apropriadas para o desenvolvimento da apicultura. Para Lorenzon et al. (2012) este ponto crítico se coloca como uma ferramenta de melhoria tecnológica da atividade apícola. Estes autores ainda chamam a atenção de órgãos governamentais, cooperativas, associações e empresas privadas para a promoção de cursos de capacitação destinados aos produtores rurais a fim de elevar sua capacidade produtividade.

A carência de capacitação quando associada com baixos níveis educacionais pode tornar a realidade dos sistemas apícolas ainda mais fragilizada. Sobre a situação do Nordeste brasileiro, Costa (2015) revela que a baixa qualificação da mão de obra tem dificultado a adoção de tecnologias apropriadas, bem como a utilização de cuidados culturais inadequados ou o uso de práticas incorretas no processo produtivo, desencadeando perdas de produtividade e baixos rendimentos. Essa conjuntura revela o quanto que o nível educacional dos produtores rurais é fundamental para a adoção de tecnologias disponíveis.

A desatualização do conteúdo tecnológico de muitos produtores tem sinalizado uma situação de pobreza, exigindo que outras atividades complementares sejam realizadas a fim de garantir a sobrevivência de suas famílias (Vieira Filho & Silveira 2011). Tal realidade pode ser observada em sistemas apícolas de caráter fixista do presente estudo, pois a apicultura apenas complementa o orçamento familiar, diferente do que acontece com os sistemas migratórios que têm na criação de abelhas africanizadas sua independência financeira.

A qualidade de vida foi selecionada como mais um ponto crítico da dimensão social. A compreensão das condições de vida da família apiculadora é necessária para a sustentabilidade apícola aqui discutida. Embora a temática qualidade de vida apresente imprecisões conceituais e abordagens diferentes (Pereira et al. 2012), o seu universo de conhecimento ocupa-se com diversos elementos do cotidiano do ser humano, considerando, por exemplo, a percepção e a expectativa subjetivas sobre a vida (Almeida et al. 2012).

A qualidade de vida dos apicultores foi representada neste estudo a partir da acessibilidade da família apiculadora aos serviços de saúde e educação bem como das suas satisfações física e mental com a criação racional de abelhas africanizadas. A satisfação em criar abelhas pôde ser observada em muitos relatos dos apicultores entrevistados, os quais se expressaram resumidamente através de palavras como: “identificação com a apicultura”, “prática de lazer”, “minha verdadeira paixão”, “amo as abelhas”, “muito prazeroso”, “gosto muito de criar abelhas”, “gosto da minha profissão” e “as abelhas dão o exemplo”. Essa satisfação pode ser reforçada quando o desejo de continuar desenvolvendo a apicultura ultrapassa o sentimento de perda, consideravelmente mais evidente nos anos de secas prolongadas. Ou ainda, quando experientes apicultores desestimulados com a seca apostam no processo migratório como forma de dar continuidade ao que gostam de fazer. Tais experiências revelam que a satisfação apícola se apresenta como um dos pilares sociais que têm garantido a permanência da apicultura no Semiárido brasileiro.

4.2.2 Dimensão ambiental

A dimensão ambiental da apicultura é realçada em virtude da dependência mútua entre abelhas e plantas, cujas contribuições recíprocas favorecem a manutenção de serviços ecossistêmicos fundamentais, consubstanciando a seleção do ponto crítico qualidade da paisagem. Embora essa relação seja necessária, a realidade encontrada na maioria dos SAF tem deixado o desenvolvimento da atividade apícola em alerta. Isso acontece em virtude da negligência com a fragmentação da vegetação e, sobretudo, com o uso de agrotóxicos utilizados em cultivos agrícolas. Essa fragmentação de habitat pode provocar sérias alterações na riqueza,



composição, abundância e comportamento dos polinizadores (Viana et al. 2012). Os pesticidas, por sua vez, têm se constituído como uma das causas potenciais do declínio dos polinizadores, influenciando profundamente a dinâmica populacional das colônias e do comportamento das abelhas (Brittain & Potts 2011, Goulson & Nicholls 2022). Além disso, o crescimento do uso de inseticidas no Brasil tem sido preocupante, pois os resíduos ficam presentes nos produtos apícolas, nas lavouras e no meio ambiente (Santos et al. 2018).

O estresse nutricional devido à perda de habitat pode desempenhar um importante papel no colapso de colônias de abelhas (Winfrey et al. 2011). Isso acontece porque a escassez de néctar tem desafiado as abelhas voarem maiores distâncias na busca por alimentos, gerando um gasto elevado de energia pelas abelhas e reduzindo o retorno com sucesso para suas colônias (Naug 2009). Nesse sentido, a manutenção da flora de interesse apícola e sua diversificação são desafios para os apicultores (Lorenzon et al. 2012). Tais dificuldades têm se tornado ainda mais acentuadas no Semiárido brasileiro, quando em boa parte do ano os índices pluviométricos são significativamente reduzidos. Neste ambiente, os apicultores necessitam adotar práticas alternativas de manejo (alimentação artificial, reflorestamento ou migração de colmeias) para repor a redução da pastagem apícola.

Outro ponto crítico elencado no contexto da dimensão ambiental foi a variabilidade climática haja vista sua ampla preocupação demonstrada pelos apicultores deste estudo. Tal seleção se sustenta porque as condições climáticas desfavoráveis (principalmente quando as secas se prolongam) testam a capacidade de sobrevivência das espécies de abelhas, reduzindo notavelmente a disponibilidade de néctar e pólen. O alerta do clima tem sido investigado por diversos pesquisadores, como é o caso de Giannini et al. (2013), que identificaram através de modelagem áreas potenciais de ocorrência para abelhas e plantas a partir de suas distribuições atuais e do cenário de clima futuro. Em contribuição, Oliveira et al. (2012) sugerem que os remanescentes de vegetação natural se comportem como refúgios climáticos, destacando que os esforços devem ser concentrados no Nordeste do Brasil.

Nesse contexto, as condições do meio ambiente têm determinado a atividade das abelhas dentro (Domingos & Gonçalves 2014) e fora da colmeia (Mattos et al. 2018). A mudança climática, por exemplo, pode influenciar as abelhas em diferentes níveis. Com base nesse entendimento, o aumento da temperatura do ambiente pode afetar drasticamente o comportamento, a fisiologia e a distribuição das abelhas (Reddy et al. 2012). Em outras palavras, as temperaturas mais altas e a elevação do gás carbônico (CO₂) afetam as características florais, como número de flores, produção de néctar e teor de proteína do pólen, influenciando o forrageamento das abelhas (Goulson & Nicholls 2022).

Além disso, a situação pode ser agravada uma vez que essa alteração pode originar novas relações de competitividade entre espécies e raças, bem como entre seus parasitas e patógenos (Conte & Navajas 2008, Rowland et al. 2021). Portanto, a criação de abelhas, quando integradas ao sistema agropecuário, precisa lidar com as incertezas, pois o pasto apícola é altamente dependente das condições climáticas e do uso e ocupação do solo (Kouchner et al. 2019). Para complementar os pontos críticos das dimensões sociais e ambientais, exploram-se adiante os pontos críticos de ordem econômica.

4.2.3 Dimensão econômica

A apicultura tem demonstrado sua relevância – no âmbito da sustentabilidade – através de aspectos ambientais, sociais e econômicos. Neste viés, em particular, foi elencado o ponto crítico autonomia com fundamento no controle da condução dos sistemas produtivos apícolas. O apicultor precisa ser empresário do seu próprio sistema, sendo capaz de alocar os recursos de maneira mais eficiente e construir uma gestão equilibrada (Lorenzon et al. 2012). Essa estabilidade dificilmente pode ser alcançada quando o apicultor não tem domínio (propriedade) sobre a terra. Para Souza (2007) a situação da apicultura pode ser diferente, pois as



abelhas não são capazes de reconhecer os limites legais da propriedade, permitindo que apiários de propriedades menores apresentem condições semelhantes de produção daqueles que estão localizados em grandes fazendas da região. Em outras palavras, o acesso limitado à propriedade apícola não seria empecilho para produtividade de apicultores. Porém, faz-se necessário registrar que um dos maiores problemas enfrentados pelos apicultores fixistas do Sertão Paraibano é justamente a falta de acesso à terra, embora tal aspecto não seja reconhecido pela maioria deles. Essa situação deixa os sistemas apícolas vulneráveis em virtude da localização inapropriada de apiários.

Considerando essa problemática, Aquino e Lacerda (2015) chegaram à conclusão de que os produtores familiares do Rio Grande do Norte dispõem, na maioria dos casos, de pouca terra para conduzir seu sistema de produção. Ao observar o contexto vivenciado pela maioria dos apicultores investigados a situação não tem sido diferente. Outrossim, a condução dos sistemas apícolas também pode ser afetada pela ausência de registros (anotações) pelos apicultores. Nessa perspectiva, Lorenzon et al. (2012) revelam que o apicultor que não dispõe do seu histórico de produção, tampouco dos custos, geralmente, tem implicação na queda de desempenho. A autonomia dos sistemas apícolas pode ser ameaçada por diversos fatores, gerando impactos negativos sobre a estabilidade apícola e caminhando para níveis de insustentabilidade. Nesse contexto, evidencia-se a propriedade da terra como fundamento construtivo para o bom funcionamento da apicultura.

O ponto crítico manejo também foi selecionado como aspecto preponderante no cenário apícola, afinal a apicultura se apresenta como uma atividade racional em que as ações do apicultor são capazes de regular o desenvolvimento do seu sistema produtivo. Caso as práticas de manejo sejam executadas de forma inadequada, possivelmente, o desempenho apícola tende a ser indesejável. Em outras palavras, os apicultores fixos para conviver com a seca recorrem à suplementação alimentar das abelhas durante os meses secos (o que nem sempre garante a permanência dos enxames). Por outro lado, os apicultores migratórios têm realizado um investimento de capital maior no processo de migração das colmeias, assegurando mínimas perdas por abandono.

Ademais, a inspeção periódica, realizada nas colmeias para averiguação das condições de crias, para o fornecimento de alimentação suplementar e para a identificação de predadores e doenças, tem se comportado como uma estratégia de manejo essencial para a manutenção das colmeias ao longo do tempo (Paulino & Souza 2007). A adoção de insumos tecnológicos pelos produtores, como suprimento para o manejo, tem sido atribuída ao aumento da produção e à redução de custos. Porém, é importante registrar que há situações em que o aumento do custo de uma nova tecnologia não compensa o retorno esperado, o que desestimula o interesse de muitos produtores rurais (Vieira Filho & Silveira 2011). Tal situação convoca órgãos governamentais, universidades, cooperativas, associações e empresas privadas para evitar situações conflitantes através da provisão de tecnologias mais acessíveis aos produtores (caixas racionais com menor custo, aplicativos para controle apícola e compartilhamento de experiências, calendários apícolas por região, técnicas de controle de predadores, dentre outras).

Embora seja reconhecida a importância do manejo adequado para o desenvolvimento da atividade apícola, situações adversas de manejo têm sido evidenciadas na prática. No estudo realizado por Lorenzon et al. (2012), é possível elencar algumas inadequações praticadas pelo apicultor, capazes de comprometer o desenvolvimento das colmeias, como: construção de caixas sem padronização, mau estado de conservação das caixas, condições precárias de equipamentos de trabalho e de depósitos de ferramentas e a falta de cautela na escolha do local para implantação do apiário (sujeito muitas vezes ao ataque de formigas). Esses problemas mencionados desarmonizam o funcionamento das colmeias e, conseqüentemente, contribuem para o declínio do sistema apícola.



A produtividade da apicultura no Sertão Paraibano tem fortalecido a renda de muitas famílias, o que justifica a seleção do ponto crítico produtividade apícola. Para Souza (2007) o baixo investimento necessário para a implantação de um apiário e sua boa lucratividade têm permitido a inclusão dos pequenos produtores no processo. Entretanto, o apicultor de regiões semiáridas precisa conviver com a redução considerável de pasto apícola nos períodos secos. A escassez de chuvas no Nordeste a partir de 2012 provocou uma queda de produtividade apícola em todos os estados, com destaque para Pernambuco e Piauí (Vidal 2017). Outros fatores também têm desfavorecido a produtividade de mel na Paraíba, tais como: reduzida capacidade técnica, descuido de manejo, falta de higiene durante o processo de beneficiamento do mel, local inapropriado do apiário e falta de conhecimento da flora apícola (Costa 2015). Esses problemas têm revelado o comprometimento do controle gerencial dos apicultores sobre seus apiários, desfavorecendo sua capacidade produtiva e, consecutivamente, inviabilizando a longevidade da atividade.

A diversidade de produtos apícolas também merece ser enfatizado no contexto da produtividade apícola, pois a apicultura oferece várias alternativas de retorno econômico (Crane 2009). Contudo, a experiência empírica apontou que tanto os SAF quanto os SAM apresentaram baixa exploração de produtos apícolas, tendo destaque o aproveitamento de mel e de cera (em menor intensidade). Esse resultado é compatível com o encontrado por Sousa (2013) também no Semiárido Paraibano. Essa carência de diversificação produtiva pode comprometer o desenvolvimento futuro da apicultura na região. Outros agravantes têm sido a inviabilidade comercial por quesitos de qualidade (Gois et al. 2015) e a interceptação da produção de mel por atravessadores, os quais têm ditado o preço do mel na região (Fernandes Júnior & Silva 2016).

Cada ponto crítico exposto reúne características peculiares dos sistemas apícolas, podendo ser apresentado como fragilidade ou potencialidade, considerando as ações desenvolvidas por cada apicultor. Assim, a conjuntura dos nove pontos críticos, elencados neste estudo, direciona aspectos preciosos que precisam ser considerados para o controle social, ambiental e econômico dos sistemas apícolas ao longo do tempo.

5. Considerações Finais

Os sistemas de produção estão sendo, cada vez mais, provocados para se adequar aos preceitos da sustentabilidade planetária, como bem destacam Griggs et al. (2013). O conhecimento dos pontos críticos desses sistemas é decisivo para a proposição de ações estratégicas de desenvolvimento sustentável. A apicultura moderna, por exemplo, tem enfrentado diversos problemas locais e globais, reforçando a necessidade de estudos sobre a sua sustentabilidade. A experiência em tela vem justamente contribuir para a manutenção de sistemas apícolas, desenvolvidos no Semiárido brasileiro, mediante a determinação de nove pontos críticos, cuja sistematização obedece às dimensões social, ambiental e econômica.

A dimensão social revelou que os sistemas apícolas de forma geral têm carência de assistência técnica e financiamento público. Essa situação reflete ainda o nível de capacitação dos apicultores, dificultando a aplicabilidade de técnicas modernas de manejo e a diversidade produtiva. Em contrapartida, os SAF e SAM têm sido fortalecidos mediante o associativismo, o que tem fomentado trocas de experiência e ações conjuntas de manejo entre apicultores. A satisfação dos apicultores com a criação de abelhas africanizadas, por sua vez, foi evidenciada como um dos principais elementos de sustentação da apicultura no Semiárido brasileiro.

Na perspectiva ambiental, a preocupação com a qualidade da paisagem pelos SAM precisa ser estendida para os apicultores fixistas em virtude da presença de áreas fragmentadas e do uso de agrotóxico em seus sistemas de produção. Como forma de superar a variabilidade climática da região, os SAF têm apostado basicamente na alimentação artificial, o que não tem gerado resultados satisfatórios; diferentemente daqueles sistemas apícolas paraibanos que têm garantido a sobrevivência de suas colmeias com a migração para outros



estados do Nordeste brasileiro. Nesse contexto, sugere-se que o investimento em reflorestamento com espécies nativas e de interesses apícola é o caminho mais promissor para o enfrentamento da crise climática na região.

Por último, a dimensão econômica, representada pelos pontos críticos autonomia, manejo e produtividade apícola, foi favorecida pelos SAM, pois os SAF apresentaram dificuldades de acesso à terra, práticas insuficientes de manejo e baixa produtividade de mel. Registra-se, ainda, que a dificuldade de explorar novos produtos apícolas fragiliza a estabilidade dos dois sistemas investigados. A criação de um livro modelo de registros, a disponibilização de tecnologias apícolas mais acessíveis e a oferta de cursos de capacitação se apresentam como alternativas potenciais, capazes de fortalecer o desempenho dessa dimensão da sustentabilidade.

O retrato de pontos críticos, aqui demonstrado, revela fragilidades e potencialidades de sistemas apícolas desenvolvidos no Semiárido brasileiro, garantindo um diagnóstico crítico e direcionado para os tomadores de decisão. O desafio consiste na elaboração de propostas de mitigação de fragilidades e de aprimoramento de potencialidades apícolas. Portando, o nível de colaboração dos atores sociais envolvidos (gestores públicos, pesquisadores, empresários, técnicos e apicultores) e suas ações práticas determinará o prognóstico da (in)sustentabilidade apícola no Semiárido brasileiro.

Referências

- Abro Z, Kassie M, Tiku HA, Taye B, Ayele ZA, Ayalew W 2022. The impact of beekeeping on household income: evidence from north-western Ethiopia. *Heliyon* 8(e09492):1-8.
- Alencar ICW, Azevedo PV, Cândido GA 2018. Avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas familiares que produzem coco-da-baía em monocultivo e policultivo no perímetro irrigado das Várzeas de Sousa-PB. *Revista Brasileira de Geografia Física* 11(3):886-903.
- Almeida MAB, Gutierrez GL, Marques R 2012. *Qualidade de vida: definição, conceitos e interfaces com outras áreas, de pesquisa*. Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP), São Paulo, 142pp.
- Aquino, JR, Lacerda MAD 2015. Magnitude e condições de reprodução econômica dos agricultores familiares pobres no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Rio Grande do Norte. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 52:167-187.
- Astier M, Masera O, Galván-Miyoshi Y 2008. *Evaluación de Sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidimensional*. Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, Espanha, 201pp.
- Borges MGB, Silva RA, Araújo AS, Andrade ABA, Cajá DF, Maracajá PB 2014. Estudo sobre a sustentabilidade: aspectos socioeconômicos e ambientais em cinco associações de apicultores no Sertão da Paraíba. *Acta Apícola Brasília* 2(2):1-12.
- Brasil 2019. *Censo agropecuário 2017: resultados definitivos*. IBGE, Rio de Janeiro, 109pp.
- Brittain C, Potts SG 2011. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology* 12:321-331.



- Casanelles-Abella J, Moretti M 2022. Challenging the sustainability of urban beekeeping using evidence from Swiss cities. *Urban Sustainability* 2(3):1-5.
- Castro CN 2015. Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental* 12:49-59.
- Conte YL, Navajas M 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 27(22):499-510.
- Costa A 2010. Agricultura sustentável III: indicadores. *Revista de Ciências Agrárias* 33(2):90-105.
- Costa RO 2015. *Identificação e hierarquização dos principais problemas existentes na produção de mel de abelha no Estado da Paraíba*. Monografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 62pp.
- Couto RHN, Couto LA 2006. *Apicultura: manejo e produtos*. FUNEP, Jaboticabal, 193pp.
- Crane E 2009. Bee products. In Resh VH, Cardé RT. *Encyclopedia of Insects*. Elsevier, China, p. 71-75.
- Decourtye A, Mader E, Desneux N 2010. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agroecosystems. *Apidologie* 41:264-277.
- Dicks LV, Breeze TD, Ngo HT, Senapathi D, An J, Aizen MA, Basu P, Buchori D, Galetto L, Garibaldi LA, Gemmill-Herren B, Howlett BG, Imperatriz-Fonseca VL, Johnson SD, Kovács-Hostyánszki A, Kwon YJ, Lattorff HMG, Lungharwo T, Seymour CL, Vanbergen AJ, Potts SG 2021. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution* 5:1453-1461.
- Domingos HGT, Gonçalves LS 2014. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis Mellifera*. *Acta Veterinaria Brasileira* 8(3):151-154.
- Erbaugh J, Bierbaum R, Castilleja G, Fonseca GAB, Hansen SCB 2019. Toward sustainable agriculture in the tropics. *World Development* 121:158-162.
- Faostat [database on the internet]. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018 - [cited 2020 mar 10]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
- Fernandes Júnior JVM, Silva NGA 2016. Cadeia Produtiva do Mel: um estudo no município de Pau dos Ferros/RN. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 20(1):115-124.
- Formiga Júnior IM, Cândido GA, Amaral VS 2014. Sustentabilidade do cultivo de melão no assentamento São Romão em Mossoró/RN: determinação dos pontos críticos. *Campo-Território: Revista de Geografia Agrária* (19):57-87.
- Gallai N, Salles J, Settele J, Vaissière BE 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68(3):810-821.
- Galletti AA 1974. Crédito rural no Brasil e a sua conjugação com a assistência técnica. *Revista de Administração Rural* 14(5):81-85.



Garagorry FL, Quirino TR, Sousa CP 2002. *Diagnóstico sociotécnico da agropecuária brasileira*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 43pp.

Garibaldi LA, Steffan-dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka KM, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Peterson J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339(6127):1608-1611.

Giannini TC, Acosta AL, Silva CI, Oliveira PEAM, Imperatriz-Fonseca VL, Saraiva AM 2013. Identifying the areas to preserve passion fruit pollination service in Brazilian Tropical Savannas under climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 171:39-46.

Giannini TC, Cordeiro, GD, Freitas BM, Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL 2015. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology* 108(3):849-857.

Gois GC, Evangelista-Rodrigues A, Silva LT, Lima CAB, Pessoa RMS 2015. Estudo físico-químico e microbiológico do mel de *Apis mellifera* comercializados no estado da Paraíba. *Acta Veterinaria Brasilica* 9(1):50-58.

Goulson D, Nicholls E 2022. Anthropogenic influences on bee foraging. *Science* 375(6584):970-972.

Griggs D, Stafford-Smith M, Gaffney O, Rockström J, Öhman MC, Shyamsundar P, Steffen W, Glaser G, Kanie N, Noble, I 2013. Sustainable development goals for people and Planet. *Nature* 495:305-307.

Guimarães-Cestaro L, Alves MLTMF, Message D, Silva MVGB, Teixeira EW 2017. Honey bee (*Apis mellifera*) health in stationary and migratory apiaries. *Sociobiology* 64(1): 42-49.

Jara L, Ruiz C, Martín-Hernández R, Muñoz I, Higes M, Serrano J, de la Rúa P 2021. The Effect of migratory beekeeping on the infestation rate of parasites in honey bee (*Apis mellifera*) colonies and on their genetic variability. *Microorganisms* 9(22):1-18.

Jongh EJ, Harper SL, Yamamoto SS, Wright CJ, Wilkinson CW, Ghosh S, Otto SJG 2022. One health, one hive: a scoping review of honey bees, climate change, pollutants, and antimicrobial resistance. *PLoS ONE* 17(2):1-18.

Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, Bommarco R, Brittain C, Burley AL, Cariveau D, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Cunningham SA, Danforth BN, Dudenhöffer JH, Elle E, Gaines HR, Garibaldi LA, Gratton C, Holzschuh A, Isaacs R, Javorek SK, Jha S, Klein AM, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin L, Neame LA, Otieno M, Park M, Potts SG, Rundlöf M, Saez A, Steffan-Dewenter I, Taki H, Viana BF, Westphal C, Wilson JK, Greenleaf SS, Kremen C 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16(5):584-599.



- Kouchner C, Ferrus C, Blanchard S, Decourtye A, Basso B, Conte YL, Tchamitchian M 2019. Bee farming system sustainability: an assessment framework in metropolitan France. *Agricultural Systems* 176:1-8.
- Lemos HM, Barros RLP 2007. *O desenvolvimento sustentável na prática*. Comitê Brasileiro das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 40pp.
- Lengler L, Lago A, Coronel DA 2007. A organização associativa no setor apícola: contribuições e potencialidades. *Organizações Rurais & Agroindustriais* 9(2):151-1637.
- Lorenzon MCA, Koshiyama AS, Haidamus SL, Muniz Júnior JCB 2012. *Indicadores & desafios da apicultura fluminense: um retrato brasileiro*. Above Publicações, Vila Velha, 272pp.
- Martínez-Lopez V, Ruiz C, de la Rúa P 2022. Migratory beekeeping and its influence on the prevalence and dispersal of pathogens to managed and wild bees. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 18:184-193.
- Martins MF, Cândido GA, Aires AB 2017. Sustentabilidade em sistemas agrícolas integrados: uma aplicação do método MESMIS em cooperativa de pequenos produtores rurais. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* 43:64-84.
- Marzall K 1999. *Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas*. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 234 pp.
- Masera Ó, Astier M, López-Ridaura S 1999. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. Mundi Prensa, México, 88 pp.
- Mattos IM, Souza J, Soares AEE 2018. Analysis of the effects of climate variables on *Apis mellifera* pollen foraging performance. *Arquivo Veterinário de Medicina Veterinária e Zootecnia* 70(4):1301-1308.
- Naug D 2009. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation* 142:2369-2372.
- Oliveira FL 2015. *Apicultura no Sertão Paraibano: principais dificuldades sob a ótica dos pequenos apicultores*. Dissertação – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 69pp.
- Oliveira G, Araújo MB, Rangel TF, Alagador D, Diniz-Filho JAF 2012. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Biodiversity and Conservation* 21(11):2913-2926.
- Patel V, Pauli N, Biggs E, Barbour L, Boruff B 2021. Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio* 50:49-59.
- Paulino FDG, Souza DC 2007. Manejo básico das colmeias. In Souza DC (Org.). *Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural*. Sebrae, Brasília, 77-82pp.
- Pereira EF, Teixeira CS, Santos A 2012. Qualidade de vida: abordagens, conceitos e avaliação. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* 26(2):241-50.



- Pilati L, Prestamburgo M 2016. Sequential relationship between profitability and sustainability: the case of migratory beekeeping. *Sustainability* 8(94):1-8.
- Pinheiro FK 2011. *Avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção apícolas: diagnóstico participativo em associações de apicultores da região central do Ceará*. Dissertação – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 170pp.
- Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT, Aizen MA, Biesmeijer JC, Breeze TD, Dicks LV, Garibaldi LA, Hill R, Settelo J, Vanbergen AJ 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540:200-229.
- Reddy PVR, Verghese A, Rajan VV 2012. Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 18(2):121-127.
- Rowland BW, Rushton SP, Shirley MDF, Brown MA, Budge GE 2021. Identifying the climatic drivers of honey bee disease in England and Wales. *Scientific Reports* 11(21953):1-10.
- Sanchez GF, Matos MM 2012. Marcos metodológicos para sistematização de indicadores de sustentabilidade da agricultura. *Cadernos [SYN]THESIS* 5(2):255-267.
- Santos CF, Otesbelgue A, Blochtein B 2018. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. *PLoS ONE* 13(7):1-13.
- Sartori S, Latrônico F, Campos LMS 2014. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & Sociedade* 17(1):1-22.
- Siche R, Agostinho F, Ortega E, Romeiro A 2007. Indices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade* 10(2):137-148.
- Silva VP, Cândido GA 2014. Sustentabilidade de agroecossistemas de mandioca: primeiro ciclo de avaliação em Bom Jesus-RN. *GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)* 18(2):313-328.
- Simone-Finstrom M, Li-Byarlay H, Huang MH, Strand MK, Rueppell O, Tarpy DR 2016. Migratory management and environmental conditions affect lifespan and oxidative stress in honey bees. *Scientific Reports* 6(3202):1-10.
- Sousa LCFS 2013. *Sustentabilidade da apicultura: aspectos socioeconômicos e ambientais em assentamentos rurais no Semiárido paraibano*. Dissertação – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 78pp.
- Souza DC 2007. *Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural*. Sebrae, Brasília, 186pp.
- Souza DL, Rodrigues AE, Pinto MSC 2007. As abelhas como agentes polinizadores. *Revista Eletrônica de Veterinária* 8(3):1-7.
- Speelman E, López-Ridaura S, Colomer NA, Astier M, Masera OR 2007. Ten years of sustainability evaluation using the MESMIS framework: lessons learned from its application in 28 Latin American case studies. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 14(4):345-36.



Torres RR, Lapola DM, Marengo JA, Lombardo MA 2012. Socio-climatic hotspots in Brazil. *Climatic Change* 115:1-13.

Viana BF, Boscolo D, Mariano Neto E, Lopes LE, Lopes AV, Ferreira PA, Pigozzo CM, Primo L 2012. A polinização no contexto da paisagem: o que de fato sabemos e o que precisamos saber. In Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Antonio MS (Eds.). *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. EDUSP, São Paulo, p. 51-92.

Vidal MF 2017. Desempenho da apicultura nordestina em anos de estiagem. *Caderno Setorial ETENE* 2(11):3-10.

Vieira filho JER, Silveira JMFJ 2011. Modelo evolucionário de aprendizado agrícola. *Revista Brasileira de Inovação* 10(2):265-300.

Winfrey R, Bartomeus I, Cariveau DP 2011. Native pollinators in anthropogenic habitats. *Annual Review of Ecology Evolution Systematics* 42:1-22.