



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

CARLOS ANTONIO LIRA FELIPE NETO

**INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE MEL DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida*, Apidae:
Meliponini) NA CAATINGA**

MOSSORÓ-RN
2015

CARLOS ANTONIO LIRA FELIPE NETO

**INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE MEL DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida*, Apidae:
Meliponini) NA CAATINGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração Ecologia e Conservação do Semiárido.

Orientadora: Dra. Vera Lucia Imperatriz Fonseca
Co-orientador: Dr. Rodolfo Jaffé Ribbi

MOSSORÓ-RN
2015

CARLOS ANTONIO LIRA FELIPE NETO

**INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE MEL DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida*, Apidae:
Meliponini) NA CAATINGA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, na área de concentração Ecologia e Conservação do Semiárido.

APROVADA EM ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Vera Lucia Imperatriz Fonseca (USP)
Orientadora

Prof. Dr. Rodolfo Jaffé Ribbi (USP)
Primeiro Conselheiro

Prof. Dr. Michael Hnrcir (UFERSA)
Segundo Conselheiro

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CARLOS ANTONIO LIRA FELIPE NETO nasceu no dia 04 de junho de 1990, na cidade de Natal, localizada no Rio Grande do Norte. Em 2009 iniciou o curso superior de Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Durante sua graduação teve a oportunidade de ser integrante do Núcleo de Estudo do Semiárido (NESA), onde atuou inicialmente como voluntário, em seguida passou a ser bolsista de iniciação científica e tecnológica do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq). Nessa base de pesquisa, trabalhou com estratégias ambientais para o setor supermercadista e a avaliação da sustentabilidade do Seridó Potiguar e de agroecossistemas de mandioca através de indicadores ambientais. No início de 2014, ingressou no mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), na área de concentração ecologia e conservação, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Seu projeto de mestrado teve como título a influência da estrutura da paisagem sobre a produção e qualidade de mel da abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) na Caatinga. Nesse período de pós-graduação, participou de estágios na UFERSA, no IFRN e na Universidade de São Paulo (USP), e de eventos científicos com apresentação de trabalhos. Atualmente faz parte do grupo Abelhas Semiárido (Grupo ASA), da UFERSA.

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa importante da minha vida foi concluída. Nesse trajeto muitos percalços aconteceram, mas hoje eu nem os recordo mais. Apenas sei que só consegui chegar até aqui porque tive do meu lado todo um suporte afetivo, científico e financeiro. Por isso sou grato...

A Deus por ser a minha força espiritual;

A minha orientadora, professora Vera, a quem eu sou eternamente grato pela confiança ofertada, pelas oportunidades, pelos ensinamentos preciosos, pela ajuda e pela amizade;

Ao meu co-orientador, Rodolfo Jaffé, pelos ensinamentos e grande contribuição para a concretização deste trabalho;

Aos meliponicultores, que me receberam em suas casas, mostrando-me com satisfação as suas abelhas.

A todos que fazem parte do Grupo de Abelhas Semiárido (ASA/UFERSA), em especial ao professor Dr. Michael Hrcir pelo recurso disponibilizado para a realização das viagens, ao Dr. Airton Carvalho por ter me acompanhado durante as visitas aos meliponários e coletas (Muito obrigado!), Amanda Limão, Camila Maia-Silva, Caio Costa e Dirk Koedam, pelos ensinamentos, pela amizade, pela grande ajuda e pelos momentos de renovação de energias;

A todos do Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LIPOA/UFERSA), em especial ao professor Jean Berg por disponibilizar seus equipamentos, Carolina, Rociene e Natalia, por todo suporte, pelos ensinamentos, pela ajuda e pelos momentos de distrações;

Aos professores Dr. Valdenildo Silva, Dra. Leci Reis, Dra. Fabíola Carvalho, Joel e Robson do Núcleo de Estudos do Semiárido (NESA/IFRN) por me acolherem tão bem, pela amizade e pela ajuda;

A todos do Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPaC/USP), em especial ao professor Jean Paul Metzger, por disponibilizar os computadores e programas, ao Leandro Tambosi por ajudar no mapeamento e no cálculo das métricas da paisagem e Adrián Gonzalez pela ajuda e suporte;

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e todos os seus funcionários.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, e ao seu coordenador professor Jean Berg por todo o suporte oferecido;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida;

A meus amigos de curso e moradia, em especial Ludmylla, por ter me acolhido em sua casa nos momentos iniciais e pela partilha do dia-a-dia; Felipe, pela grande ajuda que tem me dado desde o início do curso, inclusive sendo motorista durante minhas coletas (Obrigado, meu amigo!); Livia, pelo incentivo, força e amizade; Radan e Raoni, parceiros de descontração. A amizade de vocês foi fundamental;

Aos familiares, minha avó Estela, tia Iza, tia Benilda, tio Célio e Jeovania, por todo o suporte e grande ajuda. Em especial ao meu primo Breno, que esteve presente nos momentos que precisei, e por também ter me ajudando durante algumas viagens e coletas;

A minha família, meus pais Ana e Joseildo, pelo amor incondicional e por ser a minha sustentação; meu irmão Neto e minha irmã Katiana, pelas brigas, conversas e momentos alegres. Juntos, vocês me tornam mais forte;

A minha namorada, Xaila, por sempre estar ao meu lado com incentivos e força, encorajando-me a seguir em frente. Obrigado pelo amor, carinho, paciência e compreensão nos momentos de minha ausência;

A todos que de alguma forma contribuíram com esta dissertação,

O meu muito obrigado!

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM SOBRE A PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MEL DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) NA CAATINGA.

FELIPE NETO, Carlos Antonio Lira. **Influência da estrutura da paisagem sobre a produção e qualidade de mel da abelha jandaíra (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) na Caatinga.** 2015. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Ecologia e Conservação do Semiárido). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

RESUMO: Embora a provisão de diversos serviços ecossistêmicos tenha-se mostrado afetada por mudanças no uso e cobertura da terra, a relação entre a estrutura da paisagem e a produção e qualidade de mel de abelhas sem ferrão ainda não foi estudada. Neste trabalho analisamos a influência da estrutura da paisagem sobre a produção e a qualidade de mel da abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) na Caatinga do Rio Grande do Norte. Para isso, 15 meliponários foram selecionados em diversas áreas do Estado, situados em zonas urbanas e rurais e representados por diferentes estruturas da paisagem. Fizemos mapeamentos do uso e cobertura do solo em escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros ao redor de cada meliponário. As paisagens foram classificadas com base em 6 variáveis: mata primária, mata secundária, cultura arbórea, uso diverso do solo, corpo d'água e área urbanizada. De acordo com esses mapeamentos, calculamos diferentes métricas da paisagem, utilizando os programas ArcGIS 10.3 e *Fragstats*. Em cada meliponário foram escolhidas aleatoriamente três colônias de *M. subnitida*. De cada colônia foi retirada uma amostra de mel. O mel coletado foi encaminhado ao laboratório da UFERSA para diagnóstico físico-químico (umidade, pH, atividade de água, açúcares redutores, sacarose aparente e acidez) e sensorial (cor). Das colônias selecionadas também foram realizadas medições (comprimento, altura e largura) dos favos de cria, dos potes de mel e da caixa racional para avaliação da condição da colônia. Fizemos também entrevistas aos meliponicultores sobre a produção de mel e quantidade de colônias no meliponário. Os dados de produção e qualidade de mel, bem como de condição das colônias, foram então relacionados com as diferentes métricas da paisagem, utilizando um procedimento de seleção de modelos. Os resultados mostraram que a proximidade e quantidade de áreas de mata primária tiveram um efeito nos parâmetros de qualidade do mel. A classe da paisagem mata secundária teve efeito positivo no pH e na coloração do mel e negativo no espaço não utilizado das caixas racionais de criação de *M. subnitida*. Já a quantidade de área urbanizada ao redor dos meliponários relacionou-se de maneira negativa com a umidade do mel e positiva com o espaço não utilizado das caixas racionais. Portanto, proteger as áreas de caatinga preservada e as matas secundárias é a base para alicerçarmos o refúgio para os polinizadores e garantir os seus serviços ecossistêmicos para o presente e futuro.

Palavras-chave: Fragmentação das paisagens. Semiárido. Recursos Florais. Mel. Abelha sem ferrão.

INFLUENCE OF LANDSCAPE STRUTURE ON PRODUCTION AND QUALITY OF HONEY BEE JANDAÍRA (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) IN CAATINGA

FELIPE NETO, Carlos Antonio Lira. **Influence of landscape structure on production and quality of honey bee Jandaira (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) in the Caatinga.** 2015. 62 f. Dissertation (Master's degree in Animal Science: Ecology and Conservation of semiarid). Federal Rural University of the Semi-Arid, Mossoró, 2015.

ABSTRACT: Although the provision of many ecosystem services has proven affected by changes in land cover and land use, the relationship between landscape structure and the production and quality of stingless bee honey has not been studied yet. This work aimed to analyze the influence of landscape structure on the production and quality of honey from the bee Jandaira (*Melipona subnitida*) in Rio Grande do Norte. To do so, 15 meliponaries were selected in several areas this state, in urban and rural areas and represented by different landscape structures. Land cover was mapped in scales of 300, 1000, 2000 and 3000 meters around each meliponary. Land use was classified based on 6 classes: primary forest, secondary forest, tree crop, diverse land use, water body and urbanized area. Different landscape metrics were then calculated based on these maps, using the programs ArcGIS 10.3 and Fragstats. In each meliponary were randomly selected three colonies of *M. subnitida* from which a sample of honey was collected. The honey collected was sent to the laboratory for physico-chemical diagnosis (humidity, pH, water activity, reducing sugars, apparent sucrose and acidity) and assessing the sensory properties (color). The condition of the colonies was assessed by measuring the relative volume of brood cells, and honey-pots. Interviews were also performed to the beekeepers to estimate the production of honey and the number of colonies. Honey production and quality and colony condition were then related to the different landscape metrics, using a model selection approach. The results show that the proximity and amount of areas of primary forest have a positive effect on honey quality. Secondary forests had a positive effect on the pH and color of honey and a negative influence over the unused space of the boxes used to rear *M. subnitida*. The amount of urbanized area around the meliponaries was related negatively with honey humidity and positively with the unused space of the boxes. Hence, our work shows that protect areas of preserved Caatinga and secondary forests are important to build a refuge for pollinators and ensure the current and future provision of ecosystem services.

Keywords: Landscape fragmentation. Semiarid. Floral resources. Honey. Stingless bee.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A ECOLOGIA DA PAISAGEM	12
2.2	AS ABELHAS E A CAATINGA	13
2.3	AS ABELHAS SEM FERRÃO	15
2.4	A ABELHA JANDAÍRA (<i>Melipona subnitida</i>)	16
2.5	CARACTERÍSTICAS DO MEL DE ABELHAS SEM FERRÃO	18
3	OBJETIVOS	20
3.1	OBJETIVO GERAL	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	ÁREA DE ESTUDO	21
4.2	MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO	22
4.3	MÉTRICAS DA PAISAGEM	23
4.4	COLETA DE MEL E DE DADOS DA CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS E PRODUÇÃO DE MEL	24
4.5	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DO MEL	24
4.6	ANÁLISE DOS DADOS	25
5	RESULTADOS	27
5.1	MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO	27
5.2	PRODUÇÃO DE MEL DA <i>Melipona subnitida</i>	35
5.3	QUALIDADE DE MEL DA <i>Melipona subnitida</i>	37
5.4	CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS DA <i>Melipona subnitida</i>	42
5.5	ESCALAS ESPACIAIS DAS PAISAGENS	46
6	DISCUSSÃO	48
6.1	PRODUÇÃO DE MEL DA <i>Melipona subnitida</i>	48
6.2	QUALIDADE DE MEL DA <i>Melipona subnitida</i>	49
6.3	CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS DA <i>Melipona subnitida</i>	51
6.4	ESCALAS ESPACIAIS DAS PAISAGENS	53
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O ecossistema global se aproxima de uma transição crítica, como resultado da influência humana (BARNOSKY et al., 2012), limitando a capacidade da Terra (ROCKSTRÖM et al., 2009) e ameaçando sua biodiversidade (MACE et al., 2014). Atualmente, e com previsões futuras, as alterações e interferências do uso e ocupação do solo sobre os biomas serão predominantemente antropogênicas (ELLIS et al., 2010).

Uma dessas intervenções antrópicas é a fragmentação de habitat, que provoca sérias alterações na riqueza, composição, abundância e comportamento dos polinizadores (VIANA et al., 2012). Sobre essa alteração e os polinizadores, Kennedy et al. (2013) revelam que a sobrevivência dessas espécies dependerá tanto da manutenção de habitats de alta qualidade (riqueza de espécie vegetais) em torno de fazendas quanto das práticas de gestão locais para compensar os impactos da agricultura intensiva de monoculturas.

A Caatinga, por exemplo, onde vivem muitas espécies de abelhas (ZANELLA; MARTINS, 2003), inclusive a abelha jandaíra (*Melipona subnitida*), potencial polinizador da flora nativa (COSTA, 2015), é um bioma que já perdeu 47% da sua composição vegetal natural (BRASIL, 2010) em virtude da atividade antrópica, como o corte de madeira para ser usado como combustível (lenha). Em consequência, as populações de abelhas nativas têm sido afetadas uma vez que essa atividade destrói as principais árvores usadas para nidificação dessas espécies (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2005), limitando a disponibilidade de locais de nidificação na natureza para as abelhas sem ferrão (BRUENING, 2006). Além do mais, nesse bioma semiárido, o agravamento das alterações climáticas (OLIVEIRA et al., 2012; GIANNINI et al., 2013) previstas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), aponta um problema presente e futuro, tornando-a a região mais vulnerável do Brasil (TORRES et al., 2012).

A modificação dos *habitats* naturais está cada vez mais ameaçando os serviços de polinização (BIESMEIJER et al., 2006; POTTS et al., 2010). Diversos estudos foram realizados no curso dos últimos anos (ELLIS et al., 2010), demonstrando que as ameaças à biodiversidade e aos polinizadores têm sido fruto, principalmente, do desmatamento, de perturbações (BROADBENT et al., 2008), da urbanização (MCKINNEY, 2006) e do estresse nutricional (NAUG, 2009). Nesse sentido, o declínio das populações de abelhas pode ter importantes consequências ecológicas e econômicas, arriscando a manutenção da diversidade de plantas silvestres e a estabilidade ecossistêmica (MAIA-SILVA, 2013).

Diante disso, pesquisadores têm investigado como a fragmentação dos habitats tem afetado a interação entre planta e polinizador (ANDRIEU et al., 2009), demonstrado que a combinação de áreas agrícolas e naturais é fundamental para o fornecimento de recursos

alimentares alternativos e de nidificação (WRATTEN et al., 2012; KENNEDY et al., 2013; BENJAMIN; REILLY; WINFREE, 2014).

A qualidade e quantidade desses recursos naturais são importantes para a nutrição adequada ao desenvolvimento de colônias de abelhas saudáveis (PASQUALE et al., 2013; NAUG, 2009). Para Brodschneider e Crailsheim (2010), as colônias que enfrentam uma limitação de nutrientes essenciais, tais como o pólen, aminoácido ou vitamina em particular, terão redução na produção da cria, podendo afetar a sobrevivência dessas colônias.

Sobre a influência da configuração da paisagem na produção de mel da abelha melífera (*Apis mellifera*), Sande et al. (2009) identificaram que a produção de mel aumentou nas proximidades de florestas. Na verdade, o rendimento produtivo pode até duplicar em colmeias situadas a menos de 1km em comparação com as que foram colocadas há mais de 3 km da floresta.

Embora estudos venham descrevendo a importância de manter áreas naturais na paisagem, ou simplesmente conciliar as bordas naturais com as áreas de cultivo para a conservação dos polinizadores, até o momento a relação entre a estrutura da paisagem e a produção e qualidade de mel de abelhas sem ferrão ainda não foi estudada. Compreender como a estrutura da paisagem interfere na produção e qualidade de mel de abelhas sem ferrão, é fundamental para traçarmos planos de conservação para essas abelhas e garantir os serviços ecossistêmicos fornecidos por elas (polinização e produção de mel) (HADLEY; BETTS, 2011; VIANA et al., 2012; GARIBALDI et al., 2013).

O presente trabalho tem como intuito avaliar como a composição e a configuração da paisagem interferem na qualidade e produção de mel de abelhas sem ferrão no Rio Grande do Norte, visando preservar as abelhas e maximizar a produção e qualidade do seu mel.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ECOLOGIA DA PAISAGEM

A ecologia da paisagem tem se apresentado como o estudo da estrutura, função e mudança da heterogeneidade de áreas de terra, capazes de interligar ecossistemas. De maneira geral, tem sido compreendida como uma ciência interdisciplinar que lida com a inter-relação entre a sociedade humana e o espaço (BARNES, 1999). Contudo, só por volta da década de 90 essa ciência foi reconhecida como uma nova área do conhecimento da ecologia (TURNER, 1989; FORTIN; DALE, 2005), marcada pela existência de duas principais abordagens: a geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território; e a ecológica, que enfatiza a importância dos processos ecológicos e a conservação biológica (METZGER, 2001).

Dentro da ecologia, a paisagem é compreendida com base na sua composição e configuração. A composição descreve a qualidade e quantidade de elementos (manchas, corredores e matriz) que a compõem. A configuração remete a distribuição física desses elementos. Por outras palavras, pode-se dizer também que a configuração e a distribuição da paisagem englobam a variedade e abundância dos tipos de manchas e sua posição no espaço, compondo assim, a estrutura da paisagem (CASIMIRO, 2009).

Essa ciência em conjunto com o sistema de informação geográfica tem sido frequentemente utilizada em estudos que têm buscado a conservação da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos por meio do planejamento do uso mais eficiente da terra (FERRAZ et al., 2014; TAMBOSI et al., 2014), bem como no apoio a tomadores de decisão (MEDEIROS, 2012).

Atualmente, no campo da ecologia da paisagem, têm-se observado estudos que avaliam o efeito da configuração das paisagens sobre a estrutura das comunidades de plantas e polinizadores em diversos níveis de escalas de paisagem (SILVA; PAZ, 2012). Tscheulin et al. (2011) constataram que a abundância de abelhas pequenas foi impactada por parâmetros da paisagem em escalas pequenas, as abelhas médias foram afetadas por escalas médias, enquanto que as abelhas maiores sofreram influência das maiores escalas utilizadas no estudo.

Benjamin, Reilly e Winfree (2014) descrevem que abelhas grandes mostraram uma resposta negativa ao aumento da cobertura agrícola em escala de campo (300 metros) e escala da paisagem (1500 metros), mas sendo mais afetadas pela escala da paisagem. Já as abelhas pequenas foram afetadas negativamente pela cobertura agrícola da terra em escala de campo.

Esses resultados sugerem que os serviços de polinização de abelhas nativas foram mais fortemente influenciados pela cobertura agrícola em escala de campo, devido principalmente aos efeitos combinados de abelhas pequenas e grandes nessa escala. Portanto, a utilização de ferramentas de programas específicos para o mapeamento de paisagem nos ajuda a compreender as relações entre os fenômenos ecológicos e o uso e cobertura do solo e as abelhas, e como as diferentes escalas podem influenciar nesse processo.

2.2 AS ABELHAS E A CAATINGA

As plantas produzem néctar e pólen que são essenciais à sobrevivência das abelhas. Quando as abelhas forrageiam na busca por fontes alimentares, voando de flor em flor, acabam aderindo ao seu corpo grãos de pólen (gametas masculino) da flor visitada (Figuras 1 e 2), que poderão ser depositados no estigma (gameta feminino) da próxima flor, sendo esse processo conhecido como polinização (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).



Figuras 1 e 2. *Melipona subnitida* visitando flores na caatinga, coletando e aderindo pólen ao corpo. Fotos: Michael Hrnecir.

A maior diversidade de abelhas sem ferrão é encontrada na região neotropical (CAMARGO; PEDRO, 1992). Zanella e Martins (2003) encontraram na Caatinga, 187 espécies de abelhas, pertencentes a 77 gêneros, reunindo dados de revisões taxonômicas, trabalhos isolados com descrições de espécies e de polinização de plantas.

Com base nos estudos realizados acerca da composição de comunidades locais de abelhas na Caatinga, foram levantadas as seguintes conclusões: predominância de espécies raras (entre 62 e 67 % das espécies coletadas foram representadas por menos de seis indivíduos); baixa riqueza local de espécies comparada à outras regiões do país; e baixo número de espécies em comum entre as comunidades; além de outras (ZANELLA; MARTINS, 2003).

O clima nessa região é semiárido, quente e apresenta baixa pluviosidade (entre 250 e 800 milímetros anuais). Duas estações distintas se fazem presente durante o ano: uma delas é conhecida como estação chuvosa, e popularmente chamada de inverno, que perdura de 3 a 5 meses, caracterizando-se por chuvas irregulares, torrenciais, locais e de pouca duração; já a outra estação é definida como seca, ou simplesmente chamada de verão, que tem duração de 7 a 9 meses, e dificilmente pode há ocorrência de chuva (MAIA, 2004).

Durante o período chuvoso, a quantidade de água que cai varia bastante entre as diferentes regiões do Nordeste, e também de um ano para outro. Essa variação pode atingir em anos de muitas chuvas até 1000 mm/ano e em anos de seca apenas 20 mm/ano. Outros fatores importantes e que fazem parte desse cenário geográfico são: a insolação intensa, em virtude da área está situada perto do Equador, ventos fortes e secos que contribuem para a aridez da região (MAIA, 2004).

A caatinga ocupa praticamente toda a área semiárida do Brasil. Ela é composta por formações vegetais lenhosas de porte baixo ou médio adaptadas a lugares secos, sendo classificadas como caducifólias, uma vez que perdem as folhas, no período de estiagens, para diminuir a evapotranspiração e evitar a perda de seiva armazenada, produzindo assim, uma paisagem seca e semidesértica (NUNES, 2006).

Em função da fisiografia e dos aspectos climáticos dessa região, a caatinga varia em porte, densidade e composição de espécies vegetais. A flora apresenta características de resistência à falta d'água, como a redução da massa foliar, cutículas cerosas nas folhas, transformação das folhas em espinhos e queda da folhagem no período seco (NUNES, 2006).

Até o momento mais de 1700 espécies foram relatadas em estudos florístico e fitossociológico baseado no site do domínio fitogeográfico de Caatinga (MORO et al., 2014). Podemos observar que sempre há espécies em floração, mesmo na época seca, o que pode assegurar a alimentação contínua das abelhas (MAIA, 2004; MAIA-SILVA et al., 2012).

A flora ideal para abelhas é aquela que tem a capacidade de fornecer grande quantidade de néctar e pólen durante todo o ano, possibilitando que suas colônias se mantenham em desenvolvimento constante. Todavia, o que se verifica é que o potencial de produção de mel difere muito de região para região e que, numa mesma localidade, a produção se concentra em determinados períodos, devido ao fato de que a produção de néctar e pólen tem sido influenciada por vários fatores internos e externos à condição das plantas, dentre os quais destacamos: radiação solar; temperatura e umidade do ar; umidade do solo; altitude; chuvas; e fertilidade do solo (ALMEIDA et al., 2003).

2.3 AS ABELHAS SEM FERRÃO

As abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) formam um grupo diverso de abelhas sociais, amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (ROUBIK, 1992; SILVEIRA et al., 2002). Esse grupo compõem espécies-chave, tendo uma grande importância biológica e comercial (NOGUEIRA-NETO, 1997; CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; SLAA et al., 2006). Como polinizadores generalistas, ajudam a manter a biodiversidade de plantas nos ecossistemas naturais (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012b). Como espécies comerciais, criadas racionalmente, são relevantes na produção de mel e na melhoria da produção agrícola através dos serviços de polinização que proporcionam (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; SLAA et al., 2006).

Muitas espécies de abelhas sem ferrão podem ser criadas racionalmente em caixas (CRANE, 1990; CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006). A criação de abelhas sem ferrão é a atividade comumente conhecida como meliponicultura (NOGUEIRA-NETO, 1997). Dessa atividade, pode ser aproveitado o mel, principal produto explorado de maneira comercial, e outros produtos das abelhas sem ferrão, que são o pólen (também denominado pela maioria dos meliponicultores de saburá), cerume e própolis (geoprópolis) (NOGUEIRA-NETO, 1997). Muitos meliponicultores dedicam-se também à venda de colônias para outros criadores, pesquisadores, etc (VILLAS-BÔAS, 2012). Entretanto, é na polinização que está o maior valor destas abelhas (INOUE, 2007).

Em muitas regiões do Brasil, a criação de abelhas nativas sem ferrão é uma prática tradicional, profundamente arraigada na cultura local (BRUENING, 2006; NOGUEIRA-NETO, 1997; SOUZA et al., 2013). Especialmente em localidades rurais, a meliponicultura pode se constituir como uma fonte adicional de renda, sendo parte importante da agricultura familiar (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2005; LOBATO; VENTURIERI, 2010). Atualmente, a atividade apresenta um crescimento significativo no Brasil, e têm o potencial para se tornar uma atividade econômica ainda mais importante (VENTURIERI et al., 2012).

No Brasil, a meliponicultura tem se expandindo, especialmente, nos últimos 20 anos, sendo destaque a produção de mel de meliponíneos, que tem sido bastante apreciado pelo seu sabor característico, e muitas vezes procurado por suas propriedades tidas como medicinais, atingindo altos preços no mercado informal (VILLAS-BÔAS; MALASPINA, 2005).

Ademais, outros fatores têm sido responsáveis pelo crescimento dessa atividade: a adequação de modelos de caixas padronizadas; a ampliação do conhecimento da biologia, comportamento, distribuição das espécies e recursos florais explorados; o desenvolvimento,

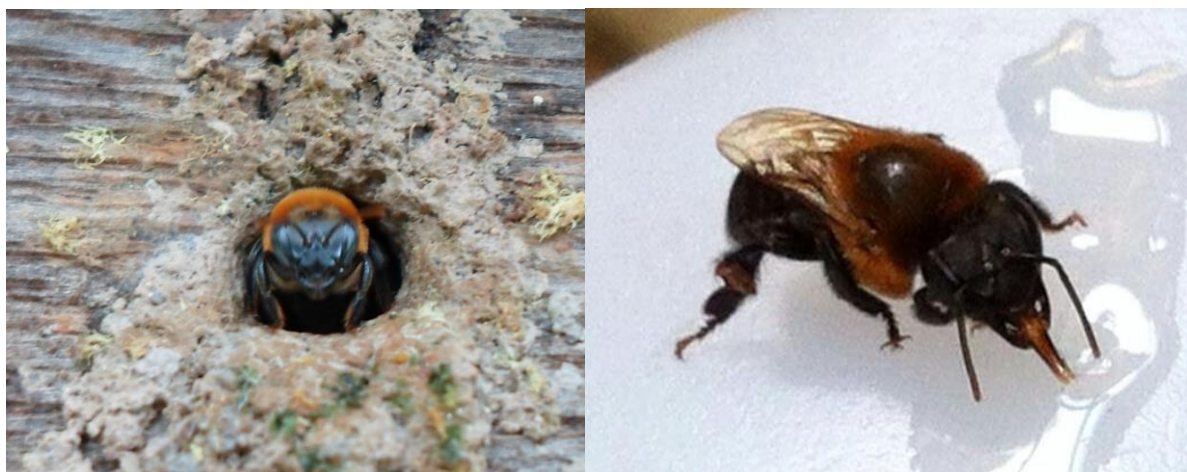
adaptação e implementação de técnicas de manejo alimentar, de instalação e de controle de inimigos naturais; e ampliação dos estudos voltados para a produção, caracterização, uso, beneficiamento e conservação dos produtos da colônia, em especial o mel (CARVALHO et al., 2012; JAFFÉ, R. et al., 2015).

Diante desse contexto, a otimização da meliponicultura tem contribuído com a produtividade e a renda dos criadores norte-rio-grandenses, fazendo dessa criação uma prática mais sustentável e atrativa para novos empreendedores. Essa otimização transforma essa atividade em uma ferramenta chave de desenvolvimento e conservação (VENTURIERI, 2008; PINHEIRO et al., 2009; SILVA; PAZ, 2012), em virtude de que a geração de renda alternativa (PINHEIRO et al., 2009) pode reduzir a necessidade de explorar outros recursos naturais, criando incentivos para proteger as plantas visitadas pelas abelhas, e assim, assegurar a produtividade das culturas, e manter a biodiversidade vegetal em ecossistemas naturais (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012b).

2.4 A ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida*)

Dentro do grupo de abelhas sem ferrão, encontramos a *Melipona subnitida*, popularmente conhecida como jandaíra (Figuras 3 e 4), endêmica do semiárido brasileiro. Essa abelha está presente em alguns estados do nordeste, inclusive no Rio Grande do Norte, sendo a espécie mais criada e preferida pelos meliponicultores da Caatinga (NOGUEIRA-NETO, 1997; BRUENING, 2006; PEREIRA et al., 2006; PINHEIRO et al., 2009; MAIA, 2013).

Essa espécie tem ganhado notoriedade no cenário dessa região, por ser considerada resistente e de fácil adaptação às condições desse ambiente (CORTOPASSI-LAURINO; KOEDAM, 2000). Além disso, as abelhas *Melipona subnitida* promovem a polinização, são boas produtoras de mel, o qual apresenta doçura natural, sabor inigualável e tido como medicinal pela cultura popular (NOGUEIRA-NETO, 1997; FREITAS et al., 2002; BRUENING, 2006).



Figuras 3 e 4. *Melipona subnitida* na entrada do ninho, e utilizando a probóscide (tubo sugador) para coleta de mel. Fotos: Carlos Antonio Lira Felipe Neto e Dirk Louis Schorkopf e Carolina de Gouveia Mendes, respectivamente.

Dentre as espécies de abelhas criadas no Rio Grande do Norte, foi constatado que a *M. subnitida* esteve presente em todos os meliponários estudados, conforme diagnóstico da meliponicultura do referido Estado (MAIA, 2013). Com base nisso, propusemos estudar a produção e qualidade do mel da *M. subnitida*, que chega a produzir um pouco mais de um litro de mel por colônia/ano (BRUENING, 2006).

Observando a atividade forrageira de pólen da *M. subnitida*, verificou-se que o horário do início e do pico do forrageamento sofreu influência principalmente da temperatura e do horário do nascer do sol. A escala de temperatura do ambiente em que as abelhas coletaram pólen foi entre 22 a 28°C. A quantidade máxima de forrageadoras e o final do forrageamento foram influenciados pela disponibilidade de recursos florais, ou seja, quanto mais espécies de plantas em floração maior foi a força forrageira e mais tarde as abelhas terminaram o forrageamento. Nos meses mais quentes e secos a atividade forrageira e a taxa de construção de células sofreram forte redução (MAIA-SILVA, 2013).

Também foi verificado que a *M. subnitida* apresentou um mecanismo de controle colonial diferente do conhecido para as abelhas melíferas. Nas abelhas sem ferrão, a disponibilidade de pólen regula a construção de células de cria, havendo uma reprodução controlada pela oferta, enquanto que nas *A. mellifera* a reprodução regula a coleta de pólen, sendo o forrageamento controlado pela demanda (MAIA-SILVA, 2013; MAIA-SILVA et al., 2015).

Essa espécie de abelha nativa também vem sendo estudada para a polinização de culturas. Investigações sobre a atuação da *M. subnitida* na polinização de cultivos agrícolas protegidos, revelam que essa espécie adapta-se bem a casa de vegetação e realiza voos de forrageamento durante todo o dia (CRUZ et al., 2004, GIANNINI et al., 2014).

2.5 CARACTERÍSTICAS DO MEL DE ABELHAS SEM FERRÃO

Normalmente, o mel produzido pelas espécies de abelhas sem ferrão apresenta diferenças em alguns parâmetros físico-químicos quando comparados ao mel produzido por *Apis mellifera*. A sua umidade é bem mais elevada, o que favorece uma menor densidade comparando-a com o mel das abelhas africanizadas (CARVALHO et al., 2005).

O mel pode ser definido como uma solução supersaturada de açúcar muito variada, sendo a frutose o componente dominante, seguido pela glicose e sacarose (IGLESIAS et al., 2012). O maior componente do mel são os açúcares, sendo os monossacarídeos frutose e glicose os carboidratos mais representativos, compondo aproximadamente 70% de todo o mel, incluindo também 10% de dissacarídeos (sacarose) e 20% de água (CRANE, 1980).

O principal componente do mel é o néctar. O néctar é uma secreção açucarada proveniente da seiva vegetal e transformada pelos nectários das plantas. A concentração de açúcares de néctar também varia entre as plantas (2 a 77%), bem como a quantidade de néctar secretado (ALMEIDA et al., 2003). Especificamente, as abelhas tem preferência por néctar mais concentrado, haja vista que elas gastam menos tempo e trabalho para desidratá-lo, transformando-o em mel (ALMEIDA et al., 2003). Com base nisso, destacamos que é necessário avaliar a distância das fontes florais para o meliponário, e se de fato o trabalho das abelhas será compensado.

A classificação do mel pode-se dar como unifloral ou monofloral, quando o produto procede, principalmente, da origem de flores de uma mesma espécie e apresenta características sensoriais e físico-químicas próprias; e como multifloral ou polifloral, o qual é o obtido a partir de diferentes origens florais (CARVALHO et al., 2012). Essa identificação é realizada através de análises melissopalínológicas.

Por meio da análise melissopalínológicas (através dos grãos de pólen), Costa (2015) identificou que a *Melipona subnitida* visitou 38 espécies de plantas para a coleta de seus recursos alimentares. Dentre essas espécies, a *Mimosa tenuiflora* (26,98%), *Mimosa sensitiva* (26,22%) e *Chamaecrista sp.* (14,90%) corresponderam juntas 68% da dieta dessa abelha com base na coleta de recursos armazenados por essas abelhas, o mel e pólen.

Análises de méis realizadas na Venezuela (VIT; BOGDANOV; KILCHENMANN, 1994; VIT et al., 1998), e no Nordeste brasileiro (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013) demonstraram que houve diferenças na composição de méis de abelhas sem ferrão e de *A. mellifera*, com base nos parâmetros físico-químicos do controle do mel para apicultura. Em

função da disparidade desses resultados, faz-se necessário desenvolver uma legislação específica para o mel das abelhas sem ferrão.

Um estudo, realizado na região do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte, com méis de diferentes espécies mostrou que as características físico-químicas das amostras foram distintas entre si, com destaque para os parâmetros de umidade e açúcares totais. Em relação ao perfil sensorial dos méis, foi revelado que houve diferença na intensidade das características aroma, cor, viscosidade, sabor, acidez e aceitabilidade, sendo os méis das abelhas *M. subnitida* e *M. scutellaris* mais preferido com base no aroma e na cor (SOUSA et al., 2013).

Recentemente os pesquisadores têm buscado estabelecer alguns parâmetros para analisar a qualidade do mel de meliponíneos. Nesse entendimento, Vit et al. (2004, apud VILLAS-BÔAS; MALASPINA, 2005) propuseram parâmetros para o controle e qualidade do mel, separando-os entre gêneros de abelhas sem ferrão.

Já Carvalho et al. (2012) apresentou uma proposta para a regularização de qualidade físico-química dos méis florais de *Meliponas* no Estado da Bahia/Brasil, em que os requisitos dos méis devem atender as características sensoriais e físico-químicas. Dentro das características sensoriais, destaca-se: a cor, sabor e aroma, e consistência. Tratando das características físico-químicas, analisa-se: maturidade (açúcares redutores, umidade e sacarose aparente), pureza (sólidos insolúveis, minerais ou cinzas e pólen), e deterioração (acidez, atividade diastásica e HMF).

As propriedades físico-químicas do mel, incluindo a viscosidade, dependem de muitos fatores, como a composição, a temperatura e o conteúdo de água (CARVALHO et al., 2005). O teor de umidade é afetado pelo clima, estação do ano e conteúdo de umidade inicial do néctar das plantas (OZCAN; ARSLAN; CEYLAN, 2006). Portanto, consideramos que a composição exata de qualquer mel depende, principalmente, das fontes vegetais que o derivam. Desse modo, todos esses atributos são fundamentais para formulação do seu sabor, aroma e cor (CRANE, 1983).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a influência da estrutura (composição e configuração) da paisagem sobre a produção e qualidade de mel da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*, Apidae: Meliponini) na Caatinga do Rio Grande do Norte.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar paisagens (meliponários) com diferentes níveis de cobertura de floresta preservada em escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros;
- Mapear e definir as classes e as métricas de composição e configuração das paisagens deste estudo;
- Coletar e analisar o mel para diagnóstico de características físico-química e sensorial;
- Realizar entrevistas para obter informações acerca da quantidade de mel produzida por colônia;
- Quantificar a condição das colônias;
- Relacionar as métricas da paisagem com a condição das colônias, a produção e qualidade do mel da *Melipona subnitida*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Este projeto de dissertação foi desenvolvido no nordeste do Brasil, mais especificamente no semiárido do Estado do Rio Grande do Norte em área de caatinga. Nessa região foram selecionados 15 meliponários, que tinham criação de *Melipona subnitida*, onde foram coletados amostras de mel e dados de condição das colônias e produção de mel. Essa seleção das áreas de estudo se deu com base no número mínimo de 20 colônias por meliponário e na distância mínima de 6000 metros entre os meliponários.

Os meliponários estavam localizados em três mesorregiões do referido Estado, sendo elas: Agreste Potiguar, Central Potiguar e Oeste Potiguar (Figura 5). Esses meliponários apresentaram diversidade de paisagens, estando situados em áreas urbanas e rurais com distintos usos e ocupações do solo.

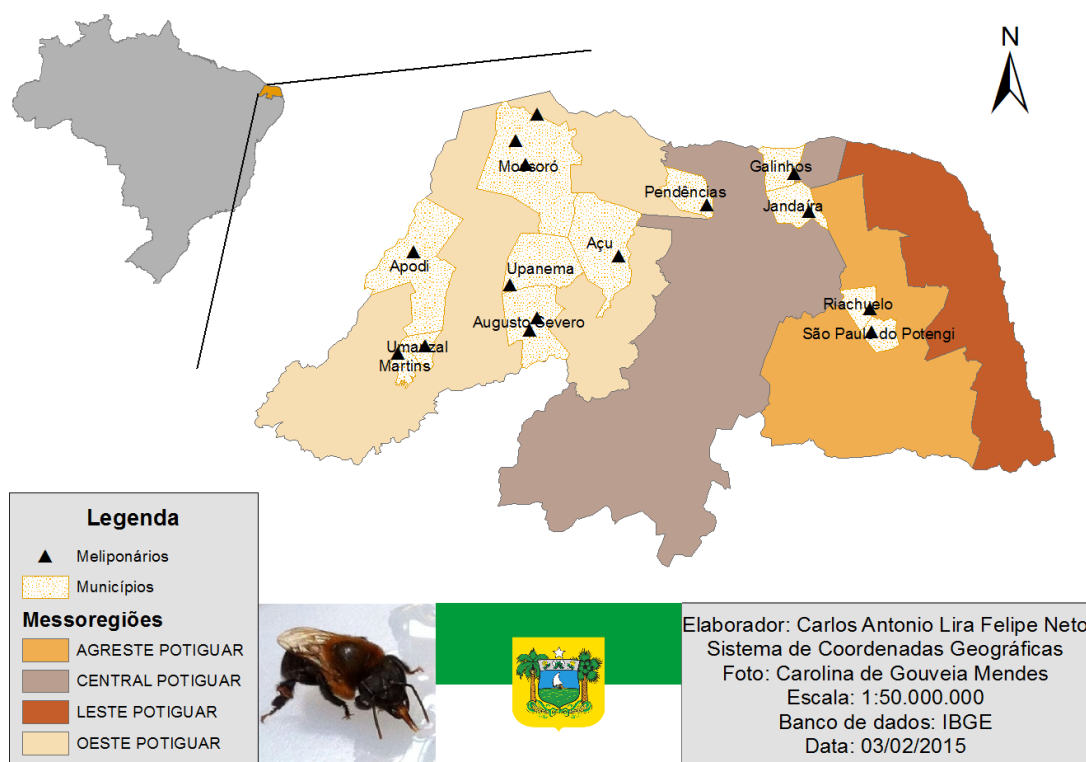


Figura 5. Mapa de localização dos meliponários nos seus referidos municípios e mesorregiões do Rio Grande do Norte.

As paisagens de estudo estavam localizadas em 12 municípios do Estado, foram eles: Mossoró, Apodi, Umarizal, Martins, Campo Grande (antes Chamado de Augusto Severo), Upanema, Açu, Pendências, Galinhos, Jandaíra, Riachuelo e São Paulo do Potengi.

4.2 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO

O mapeamento e a confecção dos mapas foram realizados no Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPaC) do departamento de Biociências da Universidade de São Paulo (USP) e no Núcleo de Estudos do Semiárido (NESA) do departamento de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Para realização do mapeamento e confecção dos mapas foi utilizado o programa ArcGIS 10.3 (ESRI). Com o auxílio de um GPS foi coletado o ponto de referência geográfica de cada meliponário. Esses pontos foram plotados sobre a “*world imagery*” do ArcGIS 10.3. Essa ferramenta fornece imagens de satélite de muitas partes do mundo com altas resoluções. Isso possibilitou o conhecimento espacial da área e a identificação das classes da paisagem. Neste trabalho, utilizamos imagens datadas de 2014, sendo a escala do mapeamento 1:10.000.

Foi utilizada a ferramenta “*buffer*” para criação de diferentes escalas da paisagem, foram elas: 300, 1000, 2000 e 3000 metros, ao redor de cada meliponário. A figura 6 ilustra com cores diferentes as escalas utilizadas neste estudo. O valor máximo adotado para esse raio foi embasado na distância máxima de voo da *Melipona subnitida*, que compreendeu 3000 metros (BRUENING, 2006).

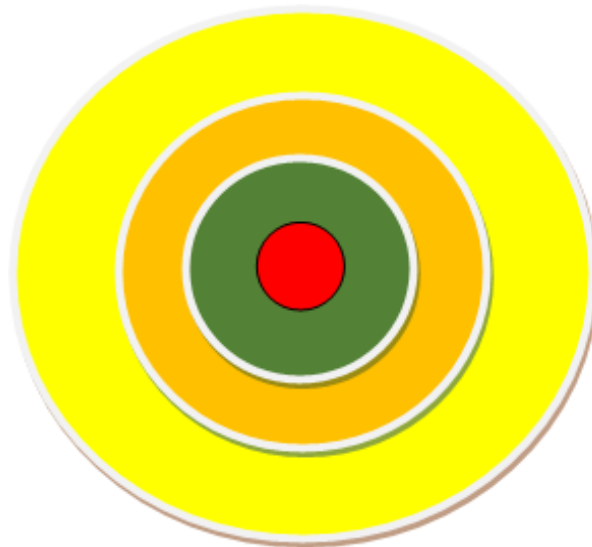


Figura 6. Ilustração das diferentes escalas utilizadas em cada paisagem. As cores vermelha, verde, laranja e amarela é apenas para ilustrar as respectivas escalas: 300, 1000, 2000 e 3000 metros.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foram criados *shapefiles* do tipo polígono. Foram definidas 6 classes para avaliação da paisagem, foram elas: mata primária (Mat1), mata secundária (Mat2), cultura arborizada (Cult), uso diverso do solo (Usod), área

urbanizada (Urb) e corpo d'água (Agua). Os critérios utilizados para definição dessas classes de uso e cobertura do solo estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Classe de uso e cobertura do solo e sua respectiva descrição.

Cor	ID	Classe	Descrição
	Mat1	Mata primária	Área com predomínio de vegetação de caatinga fechada, caracterizando vegetação preservada.
	Mat2	Mata secundária	Área com predomínio de vegetação de caatinga com falhas.
	Cult	Cultura arborizada	Área com predomínio de cultivo arbóreo não identificado.
	Usod	Uso diverso do solo	Área com predomínio de vegetação herbácea utilizada para pecuária, solo exposto e cultivos agrícolas.
	Urb	Área urbanizada	Área construída, centros urbanos, pista asfáltica e área coberta.
	Agua	Corpo d'água	Área de barreiros, açudes, barragens, represas e rios, com características visíveis.

4.3 MÉTRICAS DA PAISAGEM

As métricas estruturais da paisagem foram calculadas pelo programa *Fragstats 4* (MCGARIAL; CUSHMAN; ENE, 2012). Para todos os mapas foram mensuradas métricas da composição e configuração. Em relação à composição, levamos em consideração a quantidade de cada classe da paisagem (Tabela 1) nas diferentes escalas (Figura 6). As 24 variáveis da composição da paisagem utilizadas neste trabalho foram: Mata primária nas escalas de 300, 1000 e 2000 e 3000 metros (Mat1_300, Mat1_1000, Mat1_2000, Mat1_3000), mata secundária nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Mat2_300, Mat2_1000, Mat2_2000, Mat2_3000), cultura arbórea nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Cult_300, Cult_1000, Cult_2000, Cult_3000), uso diverso do solo nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Usod_300, Usod_1000, Usod_2000, Usod_3000), área urbanizada nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Urb_300, Urb_1000, Urb_2000, Urb_3000), e corpos d'água nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Agua_300, Agua_1000, Agua_2000, Agua_3000).

Já para a configuração da paisagem, consideramos as variáveis índice de proximidade de mata primária nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Prox_300, Prox_1000, Prox_2000 e Prox_3000). A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e tem implícito em seus resultados o grau de isolamento desses fragmentos (VOLOTÃO, 1998).

Esse índice representa o somatório de cada área dos fragmentos de mesma classe divididos pela distância do fragmento alvo aos outros fragmentos da mesma classe, elevado

ao quadrado, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca (VOLOTÃO, 1998, TAMBOSI, 2008).

4.4 COLETA DE MEL E DE DADOS DA CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS E PRODUÇÃO DE MEL

Em cada meliponário foram selecionadas aleatoriamente três colônias de *Melipona subnitida*. De cada colônia selecionada foi coletado uma amostra de 200 ml de mel com o auxílio de seringa descartável. O mel foi succionado diretamente dos potes, diminuindo o contato com o ambiente externo e a possibilidade de contaminação (VILLAS-BÔAS, 2012), e armazenado em recipiente de plástico.

As coletas de mel foram realizadas durante o fim da estação chuvosa (entre os meses de junho e início de setembro de 2014), tendo em vista que essa fase do ano é o período que as colônias de abelhas apresentam maior armazenamento de recursos alimentares no semiárido brasileiro, podendo variar em virtude dos níveis pluviométricos.

Para avaliação da condição das colônias selecionadas, realizamos com o auxílio de uma régua medições da altura, do comprimento e da largura dos favos de cria, do espaço vazio da caixa racional (onde se encontram as colônias de *M. subnitida*) e dos potes tanto de mel como de pólen. Portanto, para efeitos dessa avaliação consideramos três parâmetros: volume dos favos de cria, volume não utilizado ou vazio da caixa racional e o somatório do volume de potes de mel e de pólen.

Durante as visitas, também foi realizado entrevistas com os meliponicultores, abordando questões que envolveram a preocupação com o meio ambiente, a produção de mel, a quantidade de colônias e a criação de abelhas sem ferrão. Com base nesses dados, mensuramos a produção de mel de 2013 e a produção estimada de 2014 pelas *M. subnitas* (colônia/ano). Outro parâmetro de produção de mel foi à média da quantidade de mel contida nos potes/colônia, mensurada no momento da coleta do mel com a seringa.

4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DO MEL

As 45 amostras de mel coletadas foram encaminhadas para o laboratório da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). As análises foram realizadas no Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LIPOA) dessa mesma instituição. Para avaliação da qualidade de mel levamos em consideração seis parâmetros físico-químicos (umidade, pH, atividade de água, açúcares redutores, sacarose aparente e acidez) e um

parâmetro sensorial, a cor. Durante o período de análise, a qual se concentrou nos meses de setembro e outubro de 2014, as amostras de mel foram mantidas em estufa à temperatura de 19°C.

Todas as análises foram realizadas em duplicata. Foram utilizadas as médias para os parâmetros de qualidade do mel. Para determinação da umidade (%), da atividade de água (A_w) e da cor (mm Pfund) foram utilizados os seguintes aparelhos específicos de leitura com as respectivas marcas: Refratômetro (Atago) medidor de umidade (Testo 650) e HI 83221 *Honey Color Analyzer* (HANNA).

Para a determinação do pH, utilizou-se um peagâmetro digital. De cada amostra de mel foi pesada 10 gramas, que foi diluída em 75 ml de água destilada e homogeneizada com bastão de vidro. Já para a quantificação da acidez livre (mEq/Kg), seguimos o protocolo de Almeida-Muradian e Bera (2008) e IAL (2008). E por fim, os açúcares redutores (%) e a sacarose aparente (%) foram obtidos pelo método modificado de Lane e Eynon (IAL, 2008).

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

As variáveis da paisagem (preditores) foram relacionadas com os parâmetros de condição das colônias, de produção e qualidade de mel (variáveis de resposta) dos meliponários (Tabela 2). Para isso, utilizou-se um protocolo de seleção de modelos, utilizando o critério de informação AIC e o *likelihood ratio test* com $\alpha=0.05$. As variáveis de resposta utilizadas foram umidade, pH, atividade de água, açúcares redutores, sacarose aparente, acidez, cor (parâmetros de qualidade de mel), quantidade de mel por pote, produção 2013, produção estimada 2014 (parâmetros de produção de mel), volume do favo, volume vazio da caixa e volume dos potes (mel+pólen) (parâmetros de condição das colônias). Para todas elas, menos produção 2013 e produção estimada 2014, utilizaram-se modelos lineares mistos, colocando o meliponário como variável randômica. Para os modelos de produção 2013 e produção estimada 2014, utilizaram-se modelos lineares simples, já que cada meliponário foi representado por um valor único. Todos os modelos foram validados por meio de gráficos, representando os valores predcidos contra os residuais, e comprovando a normalidade dos residuais. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa R.

Tabela 2. Variáveis de resposta e variáveis preditoras utilizadas neste estudo

Parâmetro	Variáveis de resposta	Variáveis preditoras
Produção de mel	Quantidade de mel por pote, produção 2013 e produção estimada 2014.	Mata primária nas escalas de 300, 1000 e 2000 e 3000 metros (Mat1_300, Mat1_1000, Mat1_2000, Mat1_3000), mata secundária nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Mat2_300, Mat2_1000, Mat2_2000, Mat2_3000), cultura arbórea nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Cult_300, Cult_1000, Cult_2000, Cult_3000), uso diverso do solo nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Usod_300, Usod_1000, Usod_2000, Usod_3000), área urbanizada nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Urb_300, Urb_1000, Urb_2000, Urb_3000), corpos d'água nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Agua_300, Agua_1000, Agua_2000, Agua_3000), e índice de proximidade de mata primária nas escalas de 300, 1000, 2000 e 3000 metros (Prox_300, Prox_1000, Prox_2000 e Prox_3000)
Qualidade de mel	Umidade, pH, atividade de água, açúcares redutores, sacarose aparente, acidez e cor	
Condição da colônia	Volume do favo, volume vazio da caixa e volume dos potes (mel+pólen)	

5 RESULTADOS

5.1 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO

Com o mapeamento do uso e cobertura do solo, pudemos compreender a estrutura da paisagem em cada meliponário. Dessa forma, verificamos que as 15 paisagens (envolta dos meliponários) estavam localizadas em diversos municípios do RN, situadas em zonas urbanas e rurais. Isso permitiu que cada paisagem diferisse uma da outra, apresentando assim, diferenças nas classes da paisagem de cada meliponário (Figuras 7 à 21).

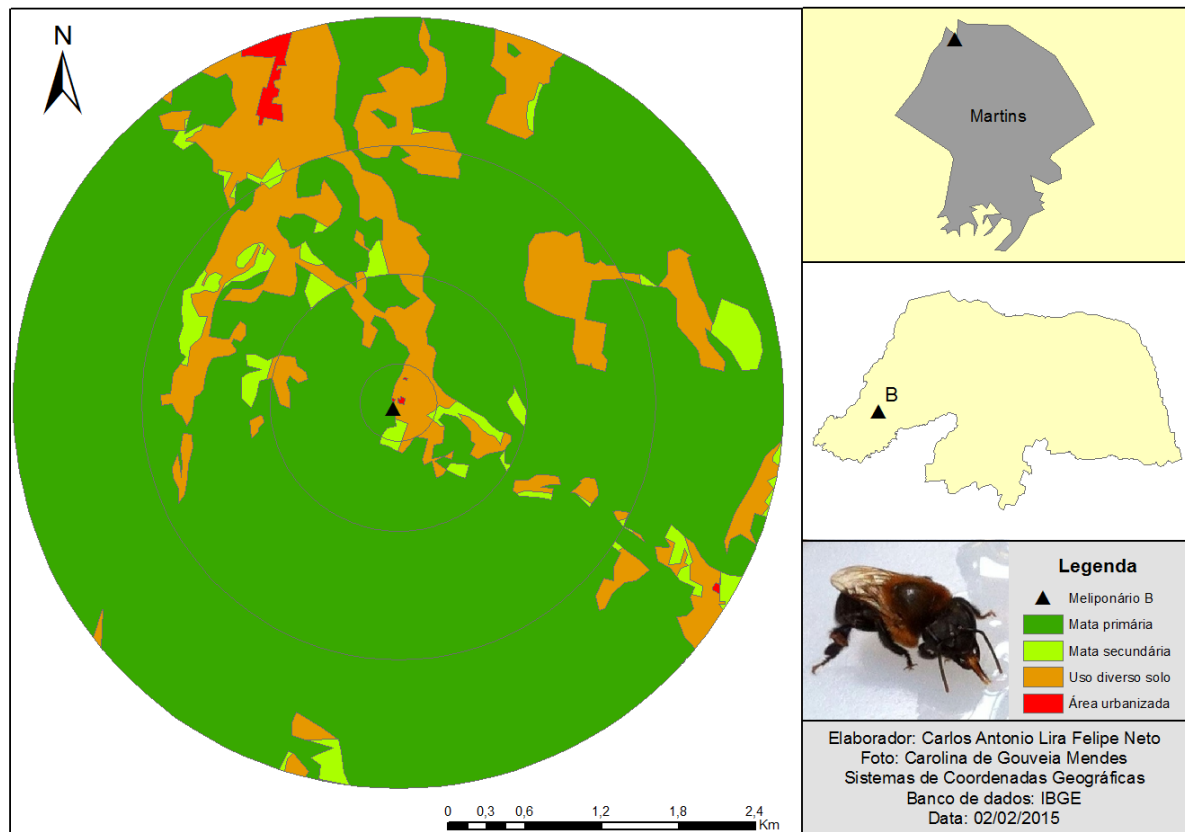


Figura 7. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário B, localizado no município de Martins-RN.

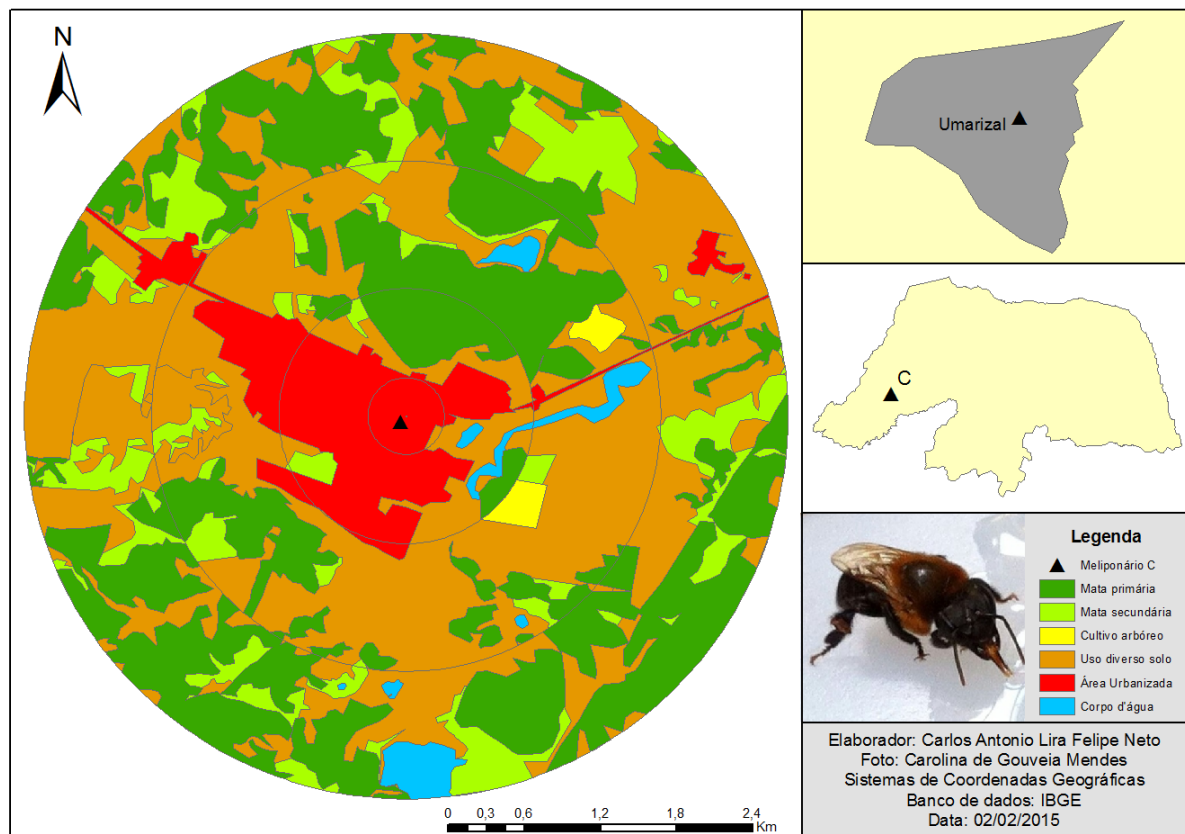


Figura 8. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário C, localizado no município de Umarizal-RN.

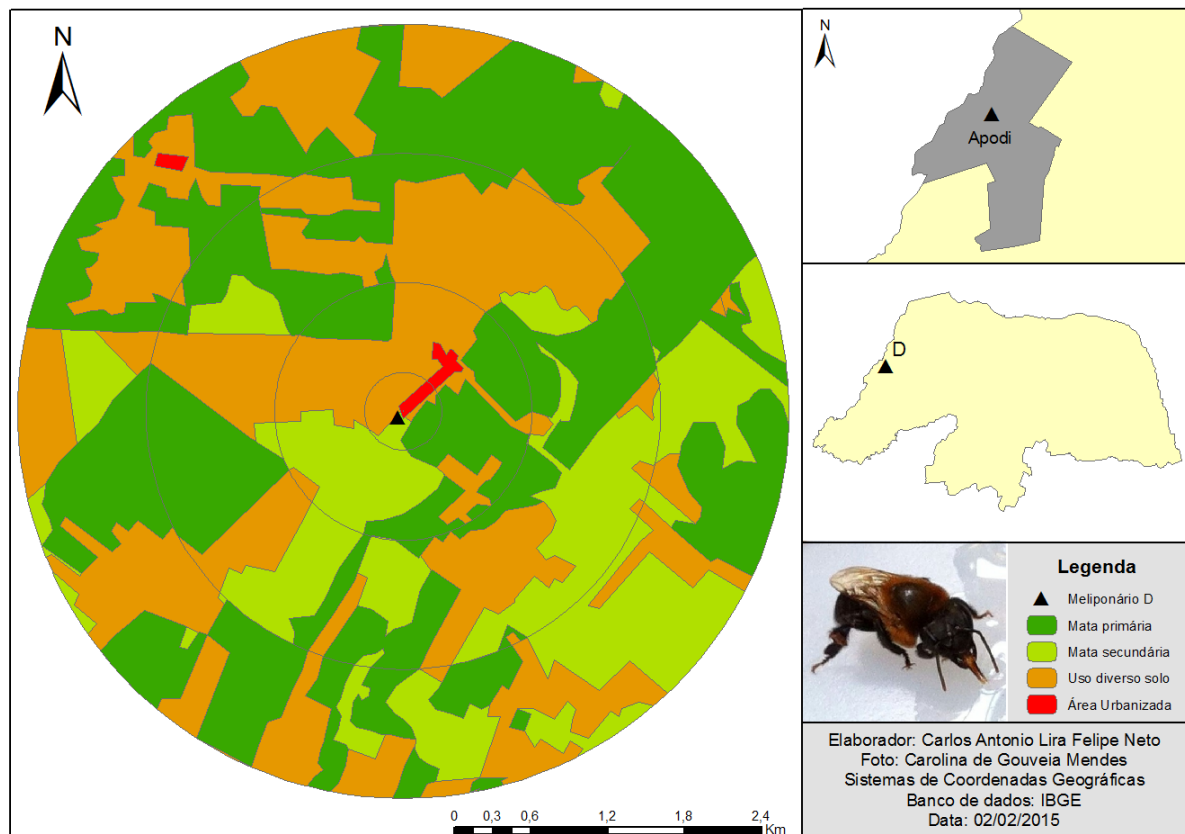


Figura 9. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário D, localizado no município de Apodi-RN.

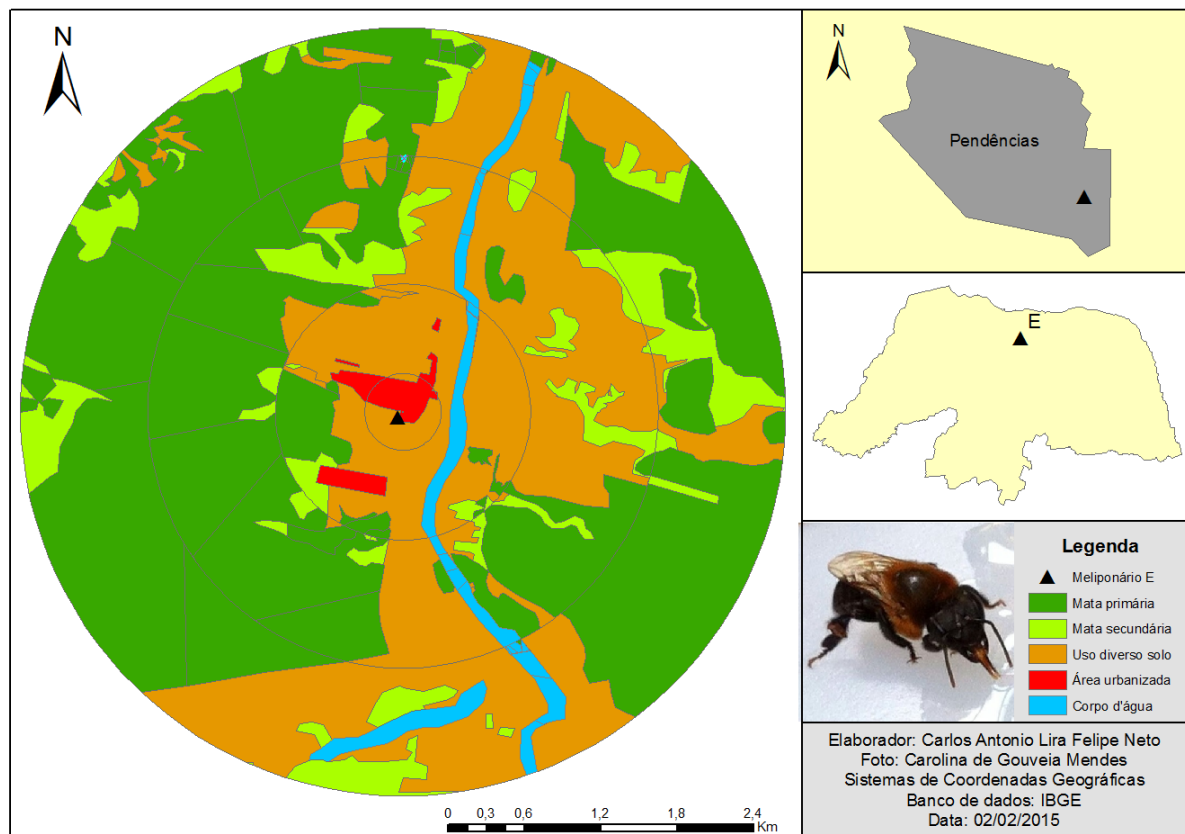


Figura 10. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário E, localizado no município de Pendências-RN.

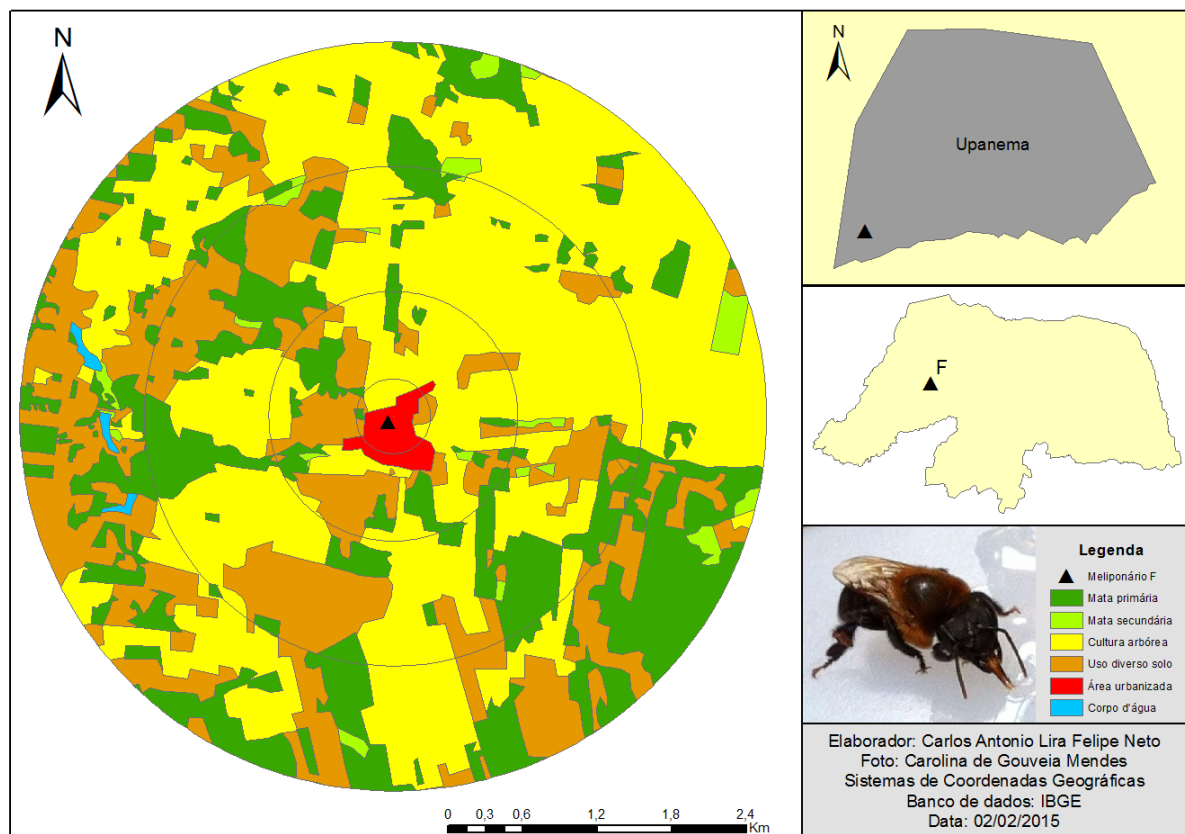


Figura 11. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário F, localizado no município de Upanema-RN.

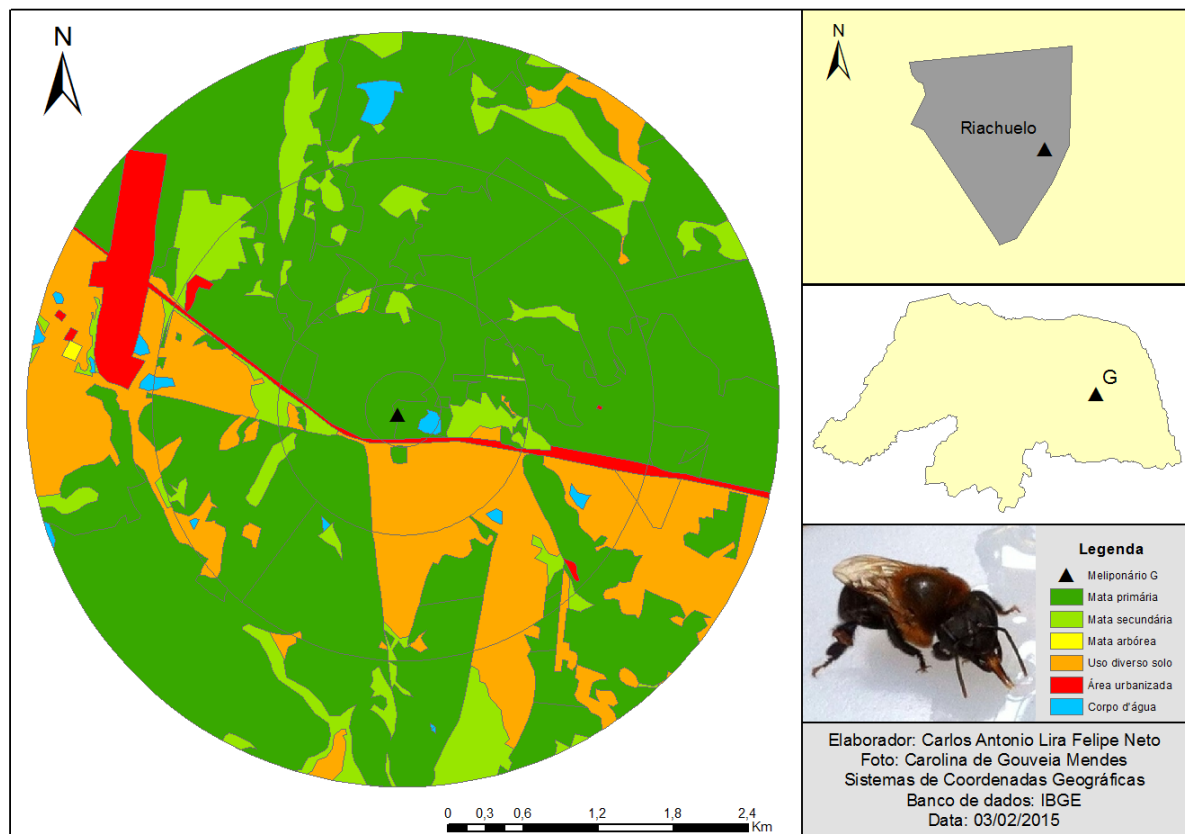


Figura 12. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário G, localizado no município de Riachuelo-RN.

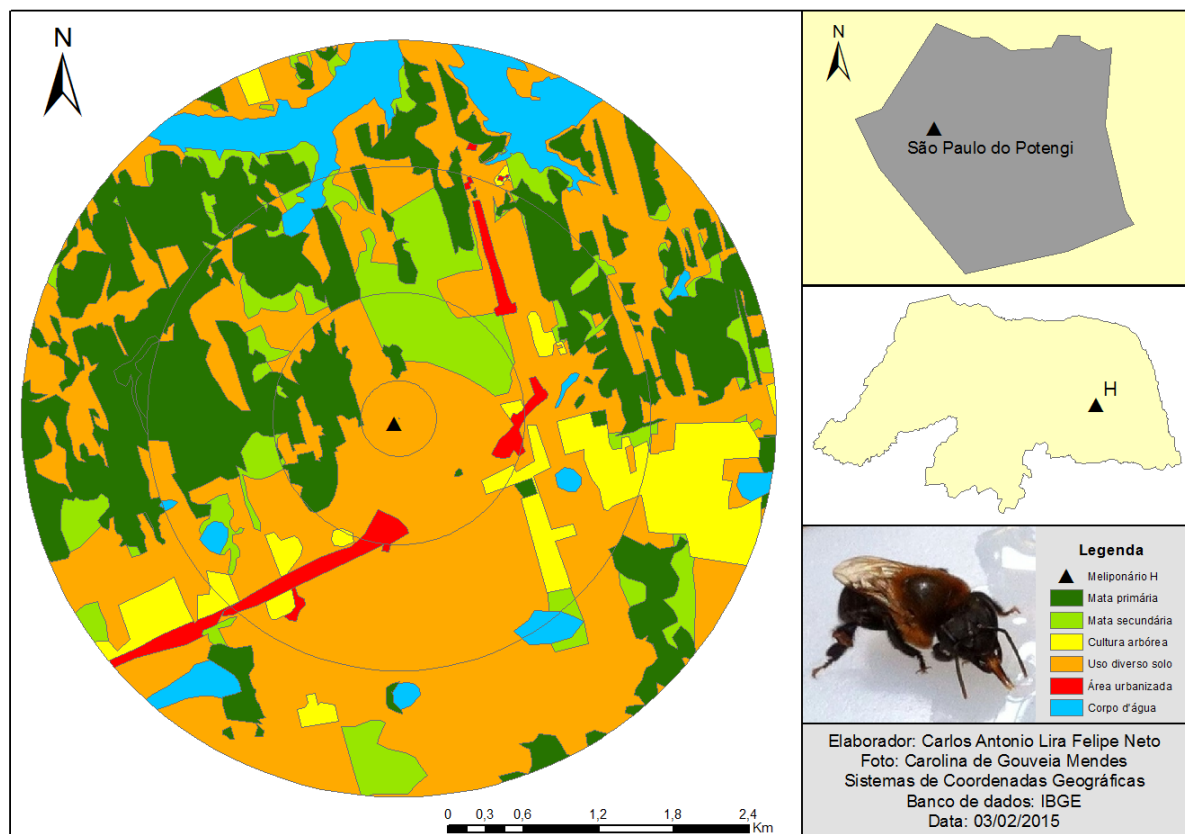


Figura 13. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário H, localizado no município de São Paulo do Potengi-RN.

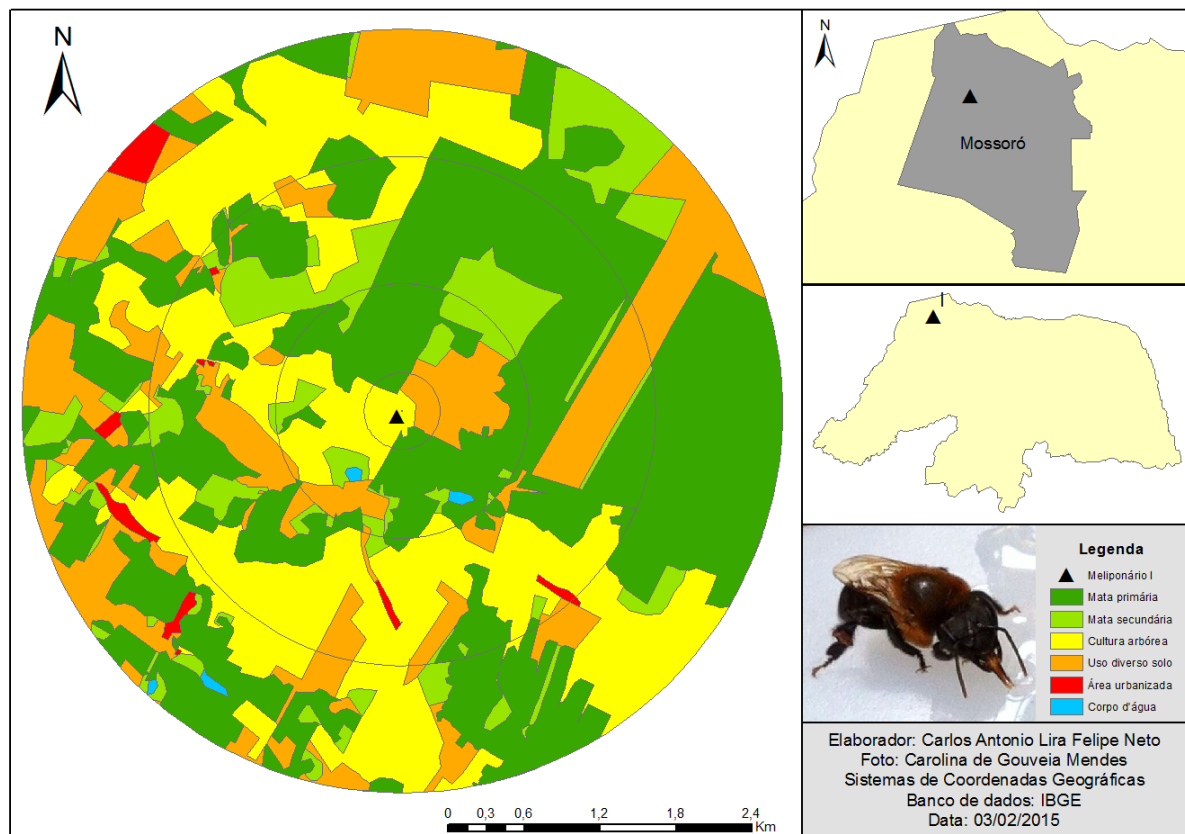


Figura 14. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário I, localizado no município de Mossoró-RN.

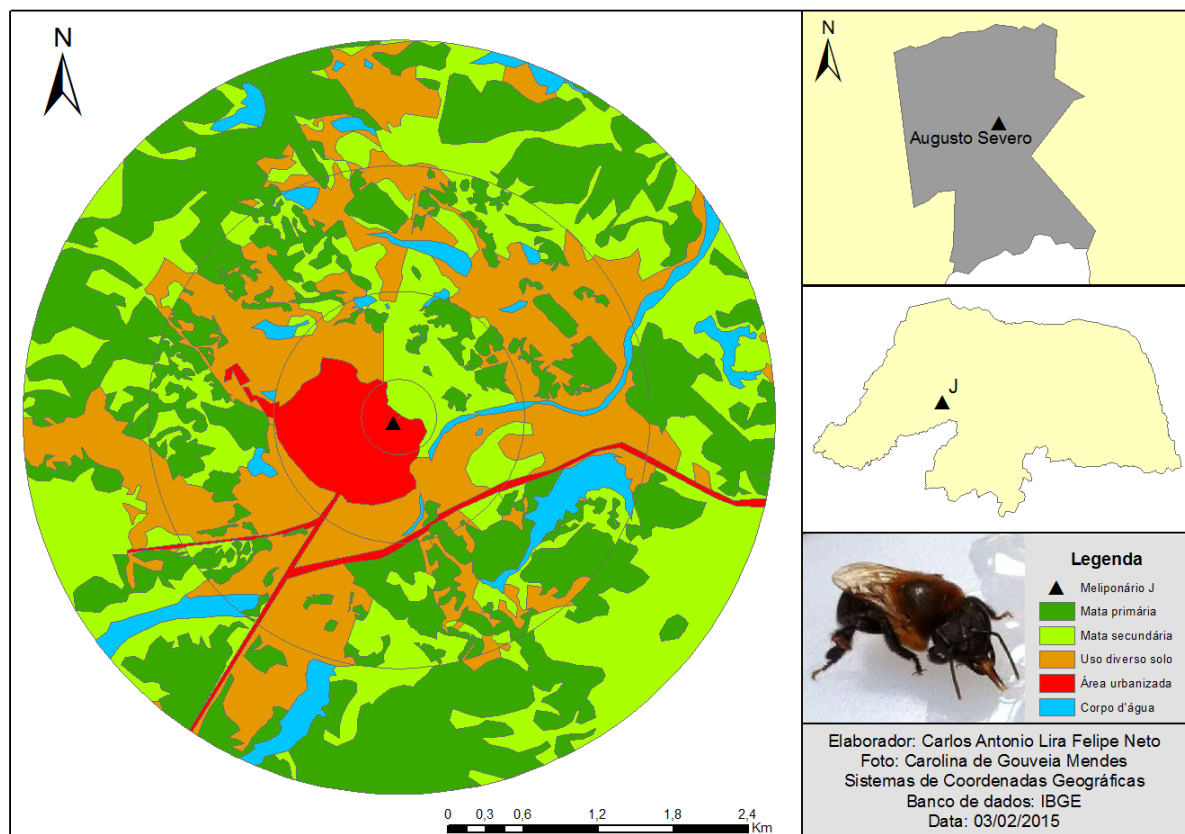


Figura 15. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário J, localizado no município de Augusto Severo-RN (antes era chamado de Augusto Severo).

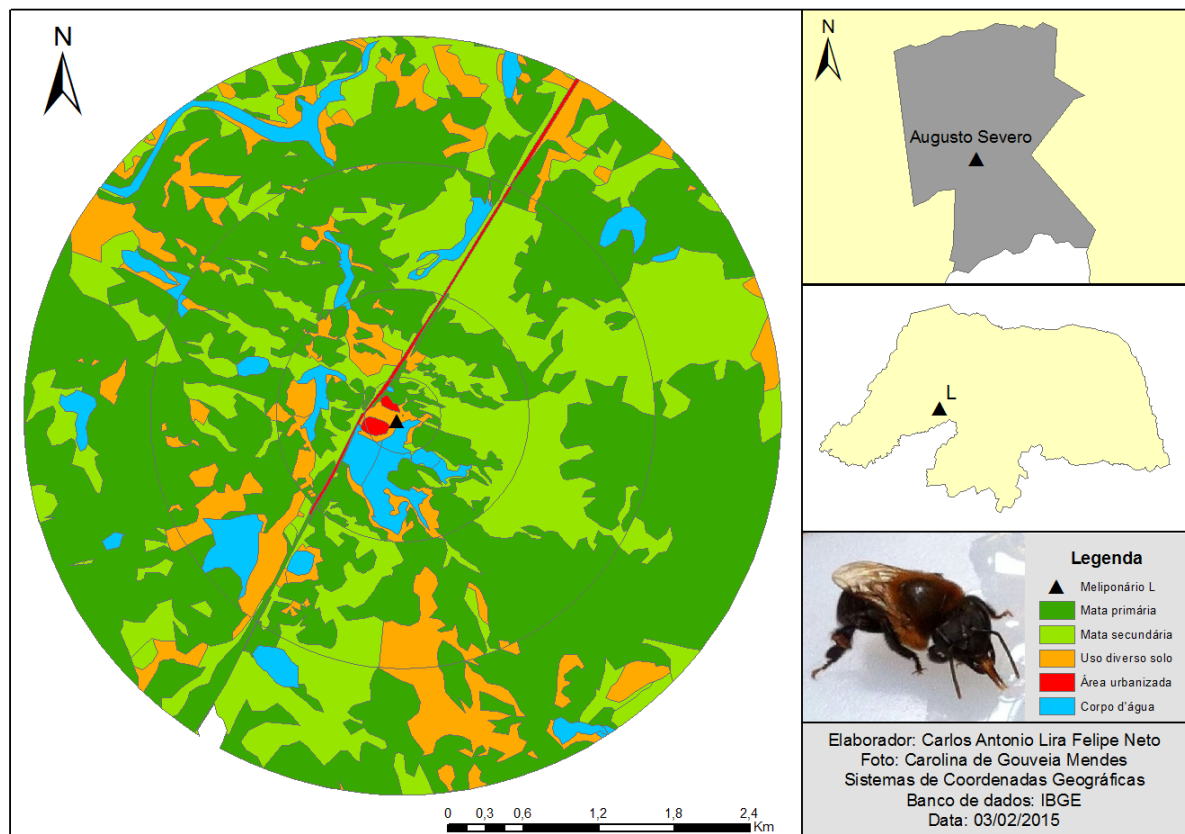


Figura 16. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário L, localizado no município de Campo Grande-RN (antes era chamado de Augusto Severo).

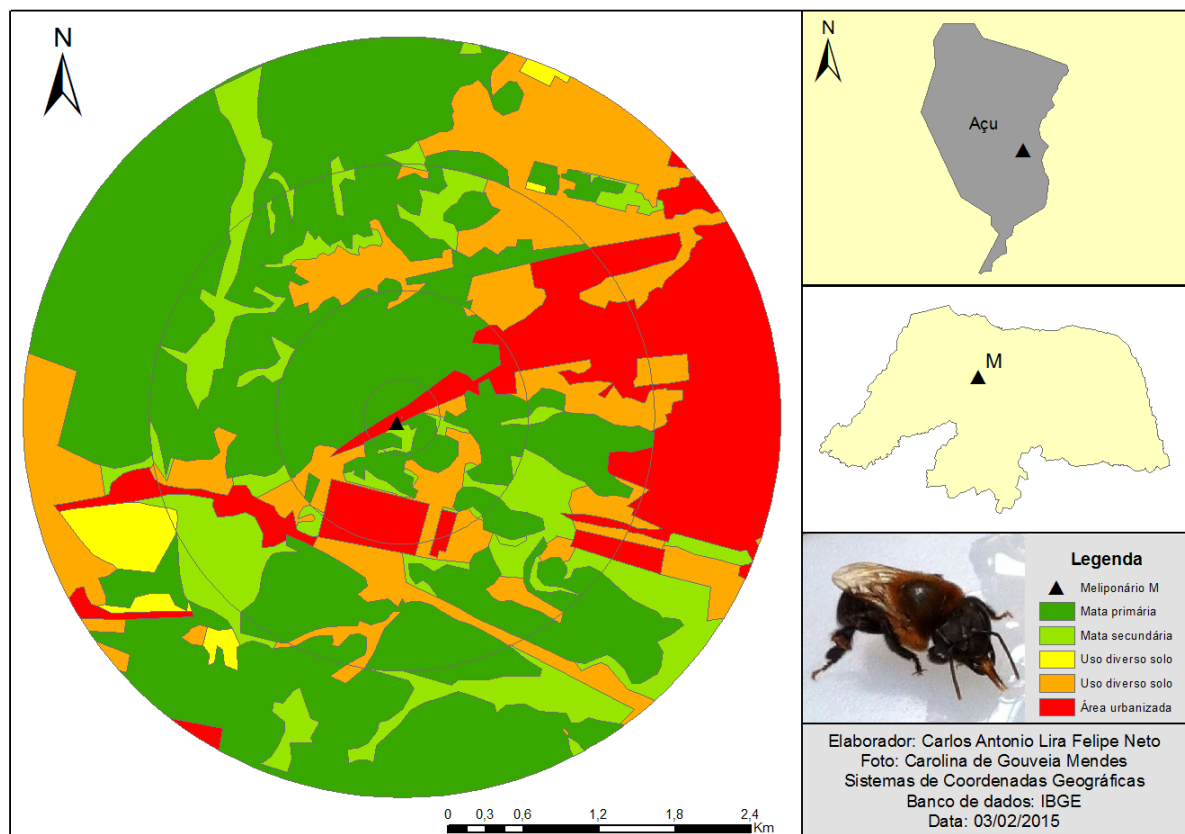


Figura 17. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário M, localizado no município de Açu-RN.

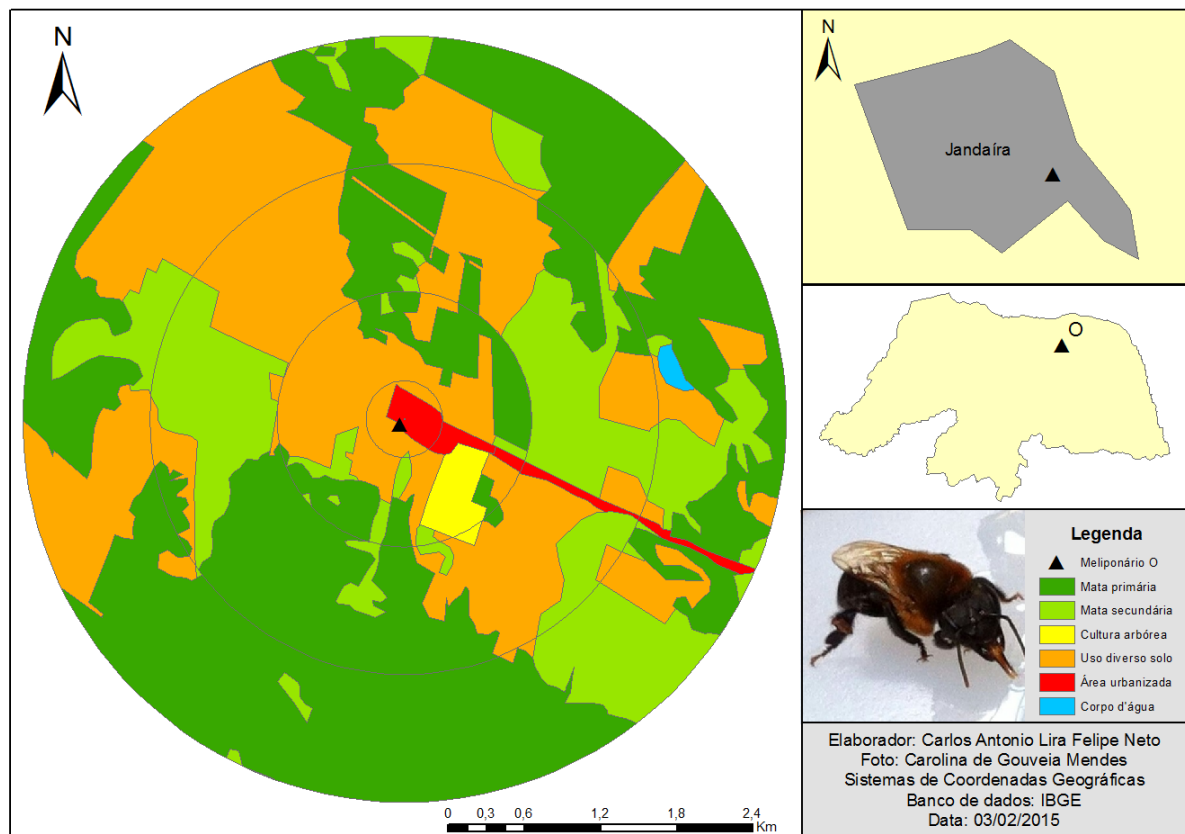


Figura 18. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário O, localizado no município de Jandaíra-RN.

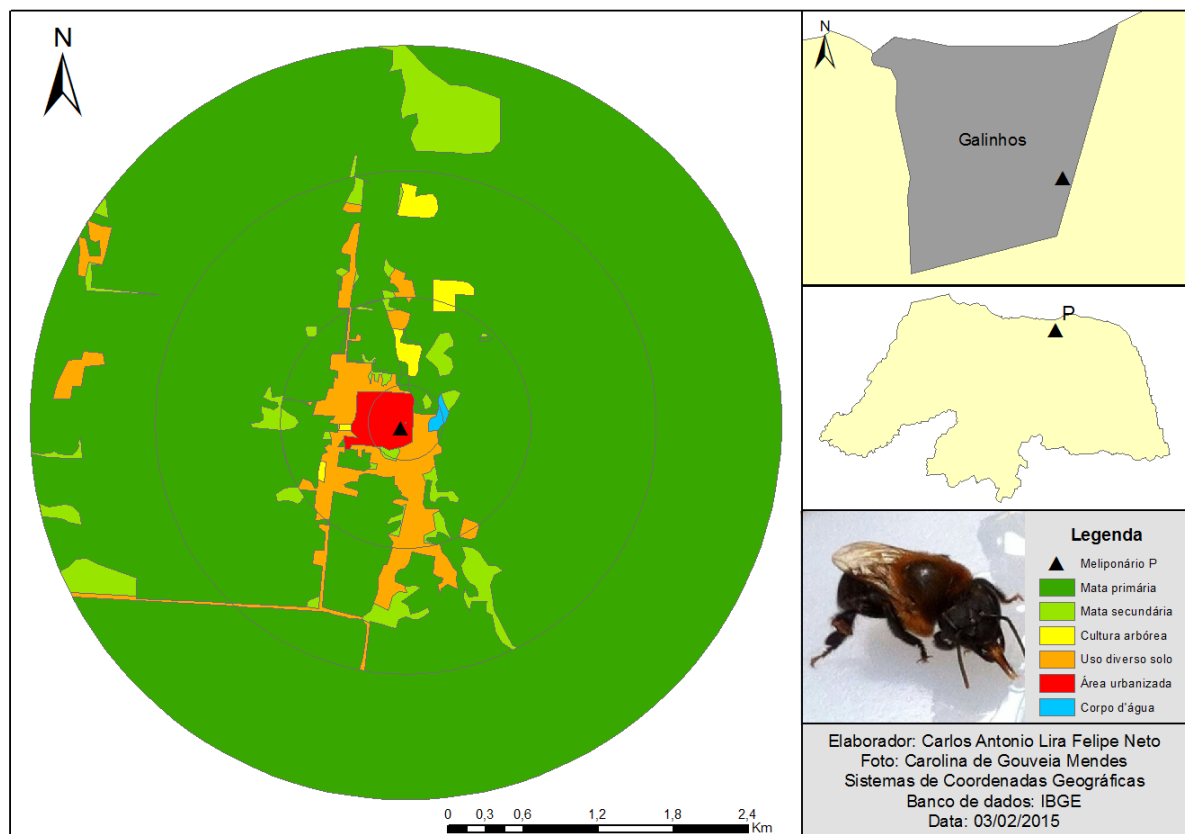
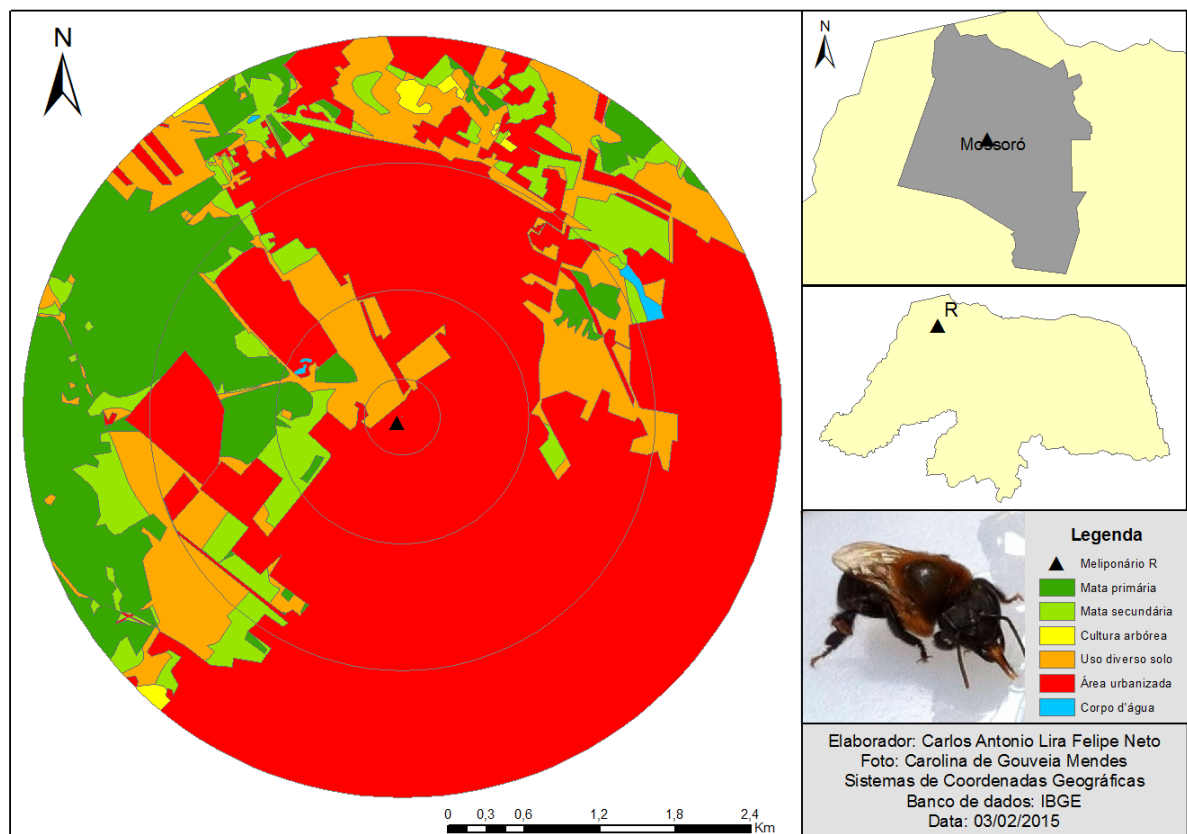
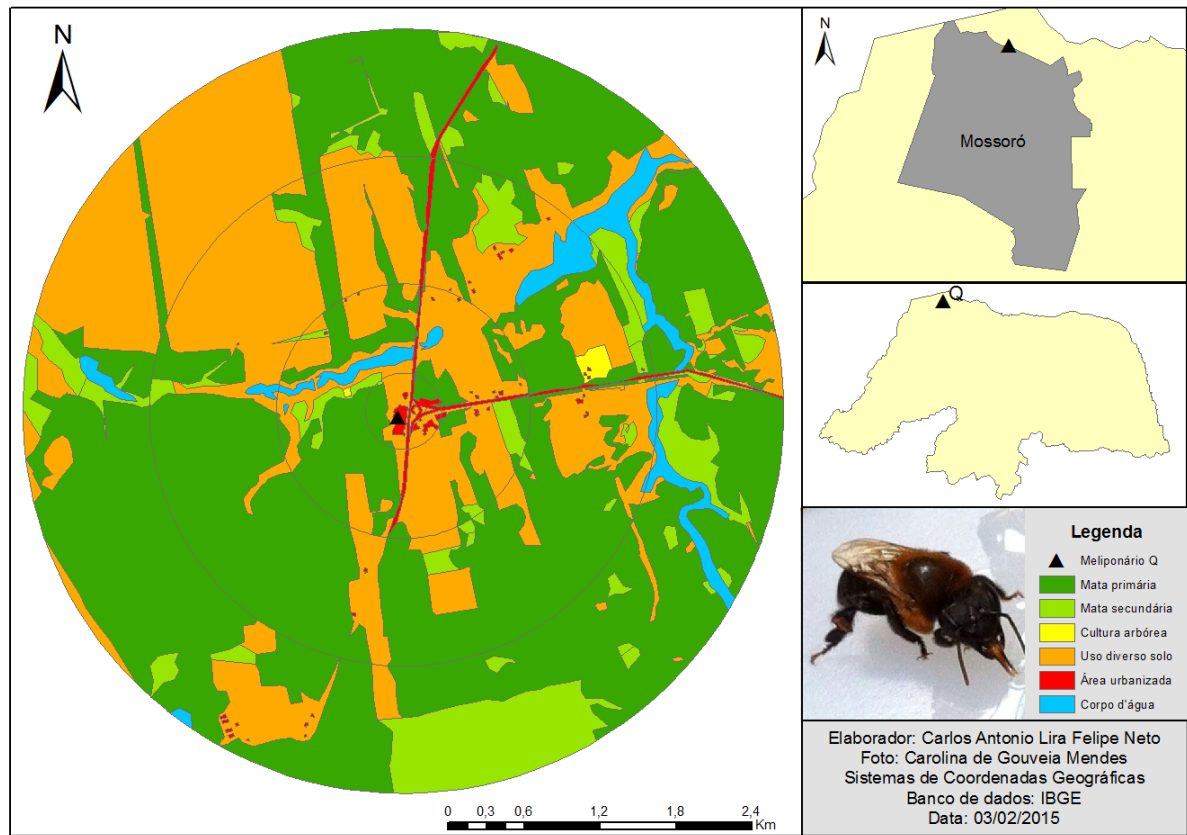


Figura 19. Mapeamento do uso e cobertura do solo do meliponário O, localizado no município de Galinhos-RN.



5.2 PRODUÇÃO DE MEL DE *Melipona subnitida*

Para a quantidade de mel por pote constatamos que 8 modelos se destacaram entre os demais utilizados na análise, conforme pode ser conferido na tabela 3, na qual podemos visualizar a seleção dos melhores modelos (representados pelos preditores) que explicam os parâmetros de produção de mel, com seus respectivos AIC, Δ AIC, *Weight* e P-LRT. Isso significa dizer que os preditores “usod_300”, “mat2_300”, “nulo”, “agua_300”, “mat2_3000”, “mat2_1000”, “agua_1000” e “usod_1000” foram as condições que melhor explicaram a quantidade de mel por pote.

Com base nessa seleção de modelos, verificamos que as variáveis mata secundária, corpo d’água e uso diverso do solo melhor explicaram a quantidade de mel por pote. A variável da paisagem uso diverso do solo teve uma relação positiva, enquanto que a área de mata secundária e corpo d’água se relacionaram de maneira negativa com esse parâmetro de produção de mel. Além disso, extraímos também dessas informações que essas variáveis estão distribuídas nas escalas espaciais de 300, 1000 e 3000 metros.

Tabela 3. Melhores modelos selecionados (Δ AIC<2) para cada parâmetro de produção de mel. Para cada modelo são apresentados o AIC, a diferença em AIC entre o melhor modelo e os modelos seguintes (Δ AIC), o peso (*weight*) e a probabilidade (p) do *Likelihood Ratio Test* (LRT).

Parâmetro	Preditor	AIC	Δ AIC	Weight	P-LRT
Quantidade de mel por pote	Usod_300	187.2	0.00	0.238	0.05522
	Mat2_300	188.0	0.75	0.164	0.09051
	Nulo	188.4	1.23	0.129	-
	Agua_300	189.0	1.76	0.099	0.1977
	Mat2_3000	189.0	1.80	0.097	0.2025
	Mat2_1000	189.1	1.88	0.093	0.2161
	Agua_1000	189.1	1.89	0.092	0.2182
	Usod_1000	189.2	1.97	0.089	0.09314
Produção 2013	Agua_1000	9.8	0.00	0.72	0.0279*
	Urb_3000	11.7	1.89	0.28	0.08628
Produção Estimada 2014	Usod_3000	20.7	0	0.677	0.04122*
	Mat2_300	22.2	1.48	0.323	0.1014

Na tabela 4, pode ser observado o resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para explicar a produção de mel por meio da apresentação dos parâmetros com os respectivos preditores selecionados, a estimativa, SE, df, t e P.

Tabela 4. Resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para os parâmetros de produção de mel.

Parâmetro	Preditor	Estimativa	SE	DF	T	P
Quantidade de mel por pote	Usod_300	0.6922	0.3650	13.3530	1.897	0.0797
	Mat2_300	-0.6170	0.3725	12.4850	-1.656	0.123
	Nulo	-	-	-	-	-
	Agua_300	-0.4803	0.3882	13.7130	-1.237	0.237
	Mat2_3000	-0.4755	0.3908	12.4990	-1.217	0.246
	Mat2_1000	-0.4631	0.3926	12.4960	-1.179	0.26
	Agua_1000	-0.4601	0.3921	12.5100	-1.173	0.262
	Usod_1000	0.4461	0.3951	12.6940	1.129	0.28
Produção 2013	Agua_1000	-0.18482	0.08308	-	-2.225	0.046052*
	Urb_3000	0.14891	0.08888	-	1.675	0.11971
Produção Estimada 2014	Usod_3000	0.3005	0.1475	-	2.038	0.0689
	Mat2_300	-0.2483	0.1569	-	-1.583	0.145

Observando a tabela 3, verificamos que dois modelos foram selecionados dentro dos demais utilizados na análise para melhor explicar a produção de mel referente ao ano de 2013. Esses modelos apresentaram como preditores: “agua_1000” e “urb_3000”. A área urbanizada na escala de 3000 metros relacionou-se de maneira positiva, enquanto que o corpo de água na escala de 1000 metros melhor explicou a produção de 2013 ($P\text{-LRT} < 0.05$) de maneira negativa e significativa (Tabela 4). Com base nesses dados, consideramos que o aumento da área de corpos de água em uma escala de 1000 metros houve a diminuição da produção de mel referente ao ano de 2013 (Figura 22).

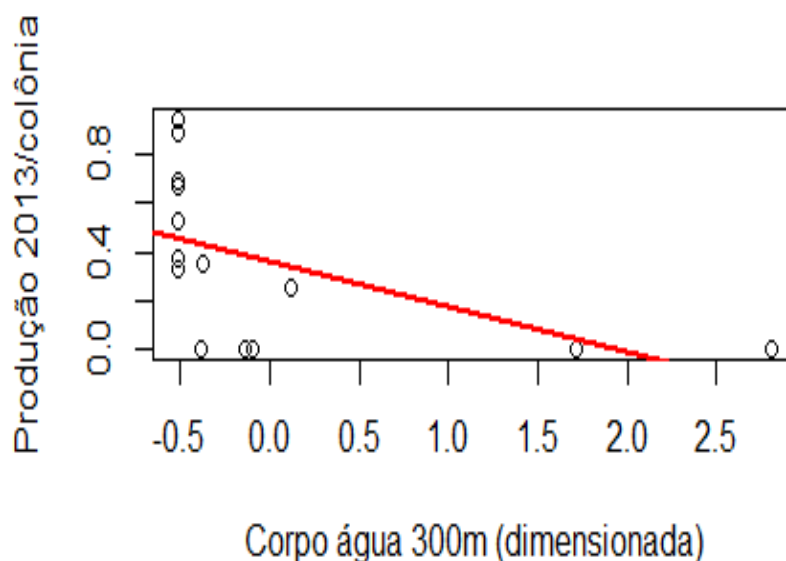


Figura 22. Relação entre a produção de mel por colônia de 2013 e a área de corpo d’água em um raio de 1000 metros (variável dimensionada).

Já em relação à produção estimada de 2014, observamos que duas variáveis da paisagem, o uso diverso do solo e mata secundária, foram selecionadas dentre as demais analisadas pelos modelos estatísticos (Tabela 3). O uso diverso do solo na escala espacial de 3000 metros relacionou-se de modo positivo com produção estimada de 2014, já a área de mata secundária apresentou uma relação negativa, mas ambas variáveis não foram significativas (Tabela 4).

5.3 QUALIDADE DE MEL DE *Melipona subnitida*

Para avaliação da qualidade de mel, observamos na tabela 5 a seleção dos melhores modelos que explicam os seguintes parâmetros de qualidade de mel: umidade, pH, atividade de água, açúcares redutores, sacarose aparente, acidez e cor, com seus respectivos AIC, Δ AIC, *Weight* e P-LRT.

Tabela 5. Melhores modelos selecionados (Δ AIC<2) para os parâmetros de qualidade de mel. Para cada modelo são apresentados o AIC, a diferença em AIC entre o melhor modelo e os modelos seguintes (Δ AIC), o peso (*weight*) e a probabilidade (p) do *Likelihood Ratio Test* (LRT).

Parâmetro	Preditor	AIC	Δ AIC	Weight	P-LRT
Umidade	Urb_3000	177	0	0.212	0.06226
	Urb_2000	177.2	0.26	0.187	0.07475
	Usod_3000	178	1.06	0.125	0.1311
	Mat2_2000	178.21	1.17	0.118	0.143
	Urb_1000	178.5	1.56	0.098	0.1954
	Usod_2000	178.5	1.57	0.097	0.1944
	Mat2_1000	178.9	1.92	0.082	0.2631
	Nulo	178.9	1.94	0.081	-
pH	Nulo	-40.4	0	0.659	-
	Prox_300	-39.1	1.32	0.341	0.01123*
Atividade de Água	Nulo	-151.6	0	1	-
Açúcares Redutores	Agua_1000	210.8	0	0.699	0.003624**
	Agua_2000	212.5	1.68	0.301	0.01078*
Sacarose Aparente	Prox_1000	196.3	0	0.558	0.0195*
	Prox_300	198.1	1.83	0.223	0.06029
	Prox_2000	198.2	1.87	0.219	0.06148
Acidez	Agua_300	348.3	0	0.495	0.03477*
	Mat1_300	349.3	1.02	0.297	0.0663
	Mat2_1000	350	1.74	0.208	0.1102
Cor	Mat2_300	374.5	0	1	0.001582**

Oito modelos explicaram igualmente bem a umidade do mel (Tabela 5). Eles contiveram os preditores: “urb_3000”, “urb_2000”, “usod_3000”, “mat2_2000”, “urb_1000”, “usod_2000”, “mat2_1000” e o nulo. Para esse parâmetro de qualidade de mel, as variáveis

área urbanizada, uso diverso do solo e mata secundária compondo as escalas de 1000, 2000 e 3000 metros melhor explicaram a umidade do mel. Além disso, é interessante destacar que dentre as classes da paisagem selecionadas apenas a área urbanizada foi relacionada de maneira negativa, e as demais positivamente (Tabela 6).

Quando se trata do pH, verificamos que os melhores modelos selecionados (Tabela 5) para explicar esse parâmetro físico-químico continham os preditores: nulo e “prox_300”. Nesse caso, apenas a escala espacial de 300 metros foi selecionada. Ainda acerca desse parâmetro, os resultados e a representação gráfica (Figura 23) apontam uma relação positiva entre o índice de proximidade e o pH, e um valor significativo ($P < 0,05$) (tabela 6). Com base nisso, quanto maior o índice de proximidade calculado para o raio de 300 metros maior foi o pH do mel da *M subnitida*.

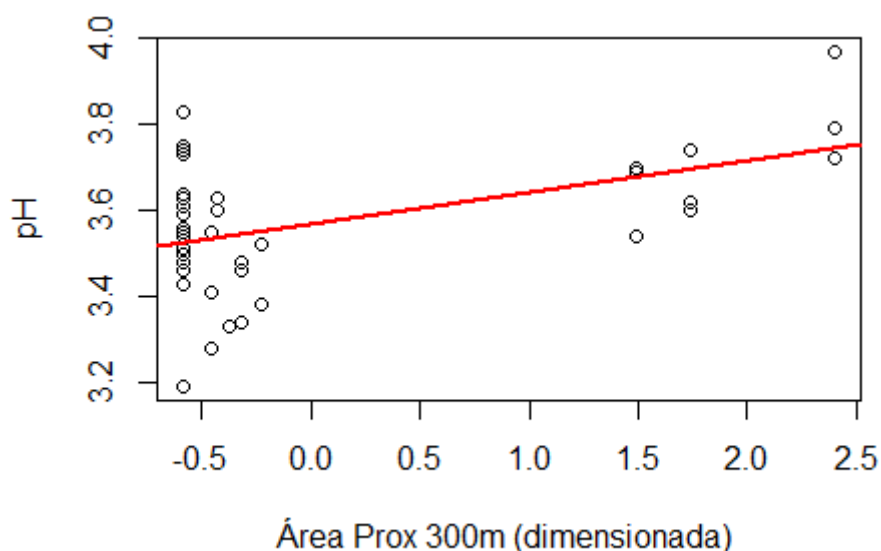


Figura 23. Relação entre os valores de pH e do índice de proximidade em um raio de 300 metros (variável dimensionada).

Já em relação a atividade de água do mel, apenas o preditor nulo, dentre os demais utilizados, melhor explicou esse parâmetro físico-químico. Consideramos ainda que nenhuma variável da paisagem mostrou-se relacionada nesse caso.

Dois modelos foram selecionados como aqueles que melhor justificaram os açúcares redutores. De acordo com esse fato, a variável da paisagem água foi a única que explicou esse parâmetro físico-químico do mel tanto na escala de 1000 metros quanto na escala de 2000 metros. Com base nos resultados apurados para esse parâmetro de qualidade, consideramos que quanto maior foram as áreas de água em raios de 1000 e 2000 metros menores foram os valores para açúcares redutores (Figuras 24 e 25), representando dessa forma uma relação negativa e significativa (Tabela 6).

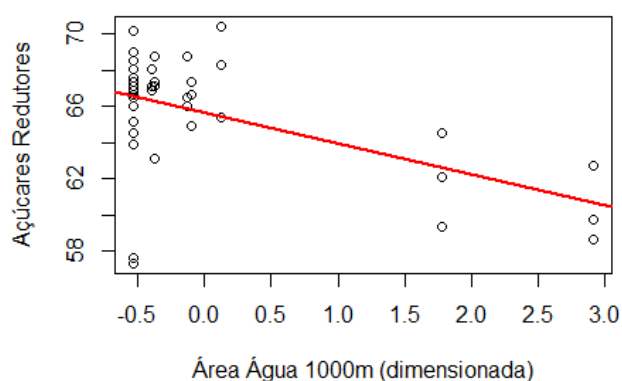


Figura 24. Relação entre os valores de açúcares redutores (%) e da área de água em um raio de 1000 metros (variável dimensionada).

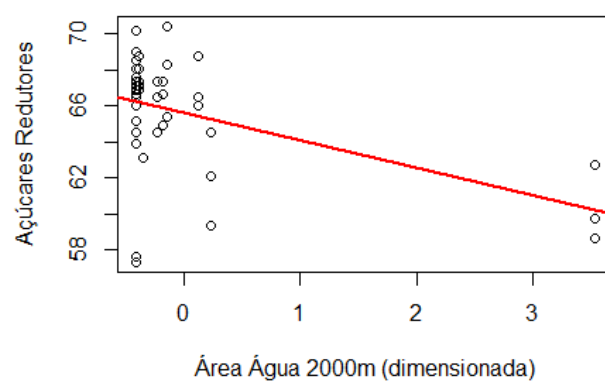


Figura 25. Relação entre os valores de açúcares redutores (%) e da área de água em um raio de 2000 metros (variável dimensionada).

Na tabela 6, pode ser observado o resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para explicar a qualidade de mel, contendo os parâmetros com os respectivos preditores, a estimativa, SE, df, t e P.

Tabela 6. Resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para cada parâmetro de qualidade de mel.

Parâmetro	Preditor	Estimativa	SE	DF	T	P
Umidade	Urb_3000	-1.0642	0.5786	12.385	-1.839	0.09
	Urb_2000	-1.0215	0.5843	12.481	-1.748	0.105
	Past_3000	0.8721	0.5979	12.255	1.459	0.17
	Mat2_2000	0.8483	0.6011	12.274	1.411	0.183
	Urb_1000	-0.76	0.6131	12.626	-1.24	0.238
	Past_2000	0.7559	0.6101	12.326	1.239	0.238
	Mat2_1000	0.6618	0.6239	12.403	1.061	0.309
	Nulo	-	-	-	-	-
pH	Nulo	-	-	-	-	-
	Prox_300	0.07575	0.02877	11.823	2.633	0.0221*
Atividade de Água	Nulo	-	-	-	-	-
Açúcares Redutores	Agua_1000	-1.6855	0.5316	12.166	-3.171	0.00793**
	Agua_2000	-1.5239	0.5705	12.292	-2.671	0.02*
Sacarose Aparente	Prox_1000	0.7993	0.3385	41	2.362	0.023*
	Prox_300	0.6509	0.3461	41	1.88	0.0672
	Prox_2000	0.6481	0.3463	41	1.872	0.0684
Acidez	Agua_300	8.07	3.859	11.108	2.091	0.0603
	Mat1_300	6.696	3.715	13.992	1.802	0.0931
	Mat2_1000	6.322	4.126	9.032	1.532	0.16
Cor	Mat2_300	34.499	9.837	13.012	3.507	0.003857**

Observamos que foram selecionados 3 melhores modelos para explicar a sacarose aparente do mel. Os melhores modelos apresentaram como preditores “prox_1000”, “prox_300” e “prox_2000”. Por outra compreensão, o índice de proximidade explicou melhor

esse parâmetro físico em três escalas: 300, 1000 e 2000 metros, sendo significativo apenas no raio de 1000 metros (tabela 6). De acordo com essas informações e a representação gráfica (Figura 26), na medida em que o índice de proximidade aumentou a sacarose aparente do mel também se elevou, indicando uma relação positiva.

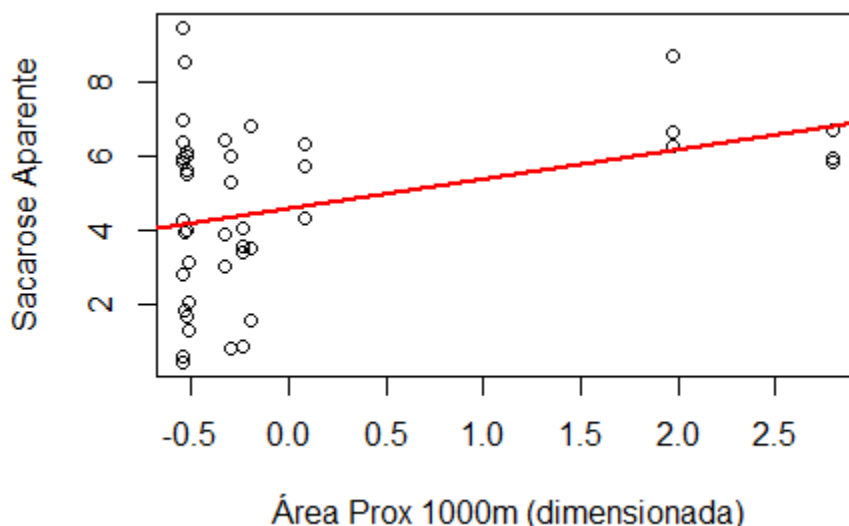


Figura 26. Relação entre os valores de sacarose aparente (%) e do índice de proximidade na escala de 1000 metros (variável dimensionada).

Foram selecionados 3 modelos que melhor explicaram a acidez do mel, sendo preditores: “agua_300”, “mat1_300” e “mat2_1000”. Assim, podemos observar que três classes da paisagem (água, mata primária e mata secundária) tiveram mais influência nesse parâmetro de qualidade em relação às demais. Além disso, as escalas selecionadas foram de 300 e 1000 metros. Embora esses modelos não tenham apresentado valores significativos, ainda sim demonstraram uma relação positiva com a acidez do mel (Tabela 6).

Quanto à cor do mel, verificamos que apenas um modelo foi selecionado. Isso quer dizer que a variável mata secundária melhor explicou a coloração do mel do que as demais avaliadas. Além disso, consideramos que a coloração do mel pode ser influenciada pelo aumento da mata secundária ao redor dos meliponários. Em outras palavras, quanto maior foi a área de mata secundária em um raio de 300 metros mais intensa foi a cor do mel (Figura 27).

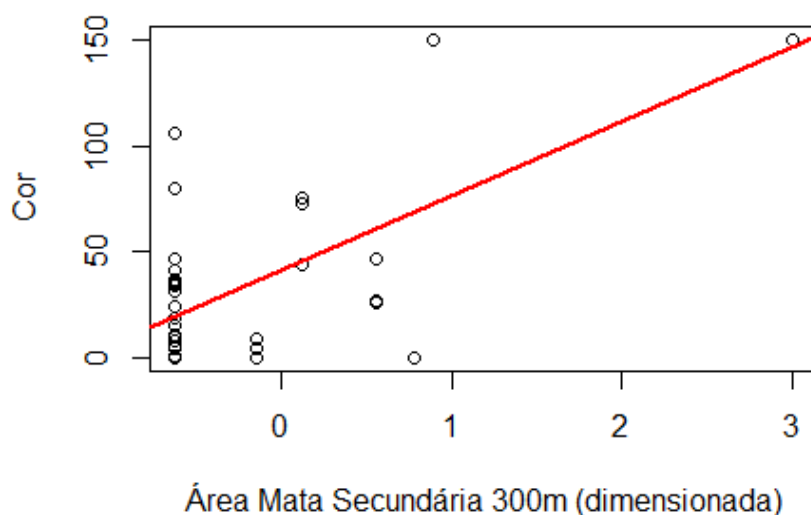


Figura 27. Relação entre os valores de cor (mm) e da área de mata secundária em um raio de 300 metros (variável dimensionada).

Na figura 28, podemos observar quais parâmetros de qualidade de mel estão correlacionados de maneira positiva entre si. A umidade apresentou forte correlação com atividade de água e baixa com acidez. A atividade de água apresentou forte correlação com umidade e fraca correlação com sacarose aparente, pH e acidez. Os açúcares redutores não apresentaram correlação com nenhum parâmetro. Já a sacarose aparente teve forte correlação com pH e fraca com cor e atividade de água. O pH apresentou forte correlação com sacarose aparente e fraca com cor e atividade de água. A acidez se correlacionou fortemente com a cor e fraca com umidade e atividade de água. E por fim, a cor apresentou forte correlação com a acidez e fraca com pH e sacarose aparente.

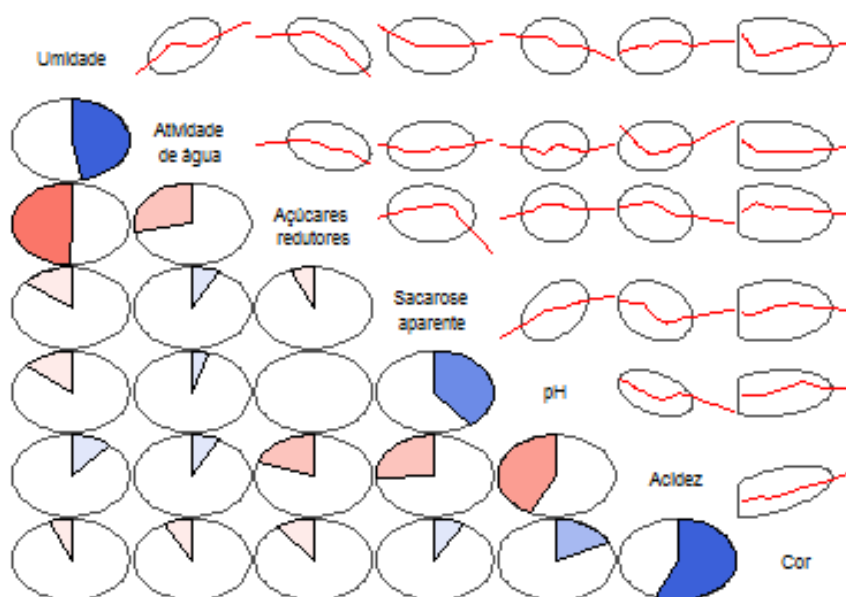


Figura 28. Correlação entre os parâmetros de qualidade de mel de *Melipona subnitida*.

Já em relação aos parâmetros de qualidade de mel, observamos também na figura 29 quais estão correlacionados de maneira negativa entre si. A umidade apresentou forte correlação com os açúcares redutores, e baixa com a sacarose aparente, pH e cor. A atividade de água apresentou forte relação com os açúcares redutores, e baixa relação com o parâmetro cor. Já os açúcares redutores foram correlacionados de maneira forte com a umidade, a atividade de água e a acidez, e fraca com a sacarose aparente e a cor. A sacarose aparente correlacionou-se fortemente com a acidez, e fracamente com a umidade e os açúcares redutores. O pH teve relação forte com a acidez e fraca com a umidade. A acidez teve forte correlação com a sacarose aparente e o pH, e fraca com os açúcares redutores. E por último, a cor apresentou uma correlação fraca com a umidade, a atividade de água e os açúcares redutores.

5.4 CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS DA *Melipona subnitida*

Na tabela 7, podemos visualizar a seleção dos melhores modelos que explicam os parâmetros de condição da colônia, com seus respectivos AIC, Δ AIC, *Weight* e P-LRT.

Tabela 7. Melhores modelos selecionados (Δ AIC<2) para o volume dos favos e o volume vazio da caixa racional. Para cada modelo são apresentados o AIC, a diferença em AIC entre o melhor modelo e os modelos seguintes (Δ AIC), o peso (*weight*) e a probabilidade (p) do *Likelihood Ratio Test* (LRT).

Parâmetro	Preditor	AIC	Δ AIC	Weight	P-LRT
Volume Favo	Prox_1000	607.3	0	0.169	0.074
	Prox_2000	607.6	0.3	0.145	0.09203
	Prox_3000	607.8	0.56	0.128	0.1102
	Agua_3000	608.2	0.96	0.105	0.1493
	Agua_2000	608.7	1.41	0.084	0.2119
	Usod_300	608.7	1.43	0.083	0.2158
	Agua_300	608.9	1.59	0.076	0.2443
	Mat2_3000	608.9	1.62	0.075	0.2479
	Usod_3000	609.1	1.79	0.069	0.2921
	Prox_300	609.2	1.85	0.067	0.3061
Volume Vazio Caixa	Mat2_300	726.1	0	0.405	0.02406*
	Urb_3000	726.6	0.53	0.311	0.03444*
	Urb_2000	726.8	0.71	0.284	0.03869*

Em relação ao volume dos favos de cria das colônias, foram selecionados 10 melhores modelos que explicaram esse parâmetro de condição das colônias. Os modelos escolhidos tiveram como preditores: “prox_1000”, “prox_2000”, “prox_3000”, “agua_3000”, “agua_2000”, “usod_300”, “agua_300”, “mat2_3000”, “usod_3000” e “prox_300”. Com base nessa seleção, as variáveis que melhor explicaram o volume dos favos de cria foram: índice

de proximidade, água, mata secundária e uso diverso do solo, distribuídas nas escalas espaciais de 300, 1000, 2000 e 3000 metros. As variáveis selecionadas apresentaram uma relação positiva com volume dos favos de cria, menos água no raio de 300 metros e mata secundária na escala de 3000 metros que relacionaram de maneira negativa com esse parâmetro (Tabela 8).

Na tabela 8 pode ser observado o resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para explicar a condição da colônia por meio dos parâmetros com os respectivos preditores, a estimativa, SE, df, t e P.

Tabela 8. Resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para o volume dos favos e o volume vazio da caixa racional.

Parâmetro	Preditor	Estimativa	SE	DF	T	P
Volume Favo	Prox_1000	117.91	67.24	12.38	1.754	0.104
	Prox_2000	111.9	68.08	12.42	1.644	0.125
	Prox_3000	106.4	68.58	12.29	1.552	0.146
	Agua_3000	97.08	69.88	12.47	1.389	0.189
	Agua_2000	84.82	71.13	12.47	1.192	0.255
	Usod_300	83.91	70.72	13.22	1.187	0.256
	Agua_300	-78.93	70.76	13.58	-1.116	0.28
	Mat2_3000	-78.22	71.37	12.32	-1.096	0.294
	Usod_3000	72.25	72.19	12.57	1.001	0.336
	Prox_300	70.22	72.37	12.49	0.97	0.35
Volume Vazio Caixa	Mat2_300	-774.47	337.65	13.04	-2.294	0.0391*
	Urb_3000	735.49	345.78	12.87	2.127	0.0533
	Urb_2000	720.3	347.52	12.89	2.073	0.0588

Encontramos três modelos selecionados que melhor explicaram o volume vazio da caixa racional, isto é, o espaço interno da colônia que não foi utilizado pelas abelhas, quer seja para produção de favos de cria, quer seja para produção de potes de alimento. Os preditores desses modelos foram: “mat2_300”, “urb_3000” e “urb_2000”. A partir dessa seleção, verificamos que as variáveis mata secundária e área urbanizada melhor explicaram o volume vazio da caixa racional dentre os demais preditores utilizados na análise dos dados.

A área urbanizada demonstrou uma relação positiva com o volume vazio da caixa, enquanto que a área de mata secundária relacionou-se negativamente e de maneira significativa (Tabela 8). A Figura 29 mostra que quanto maior foi a área de mata secundária em um raio de 300 metros menores foram os espaços vazios dentro das colônias de *M. subnitida*.

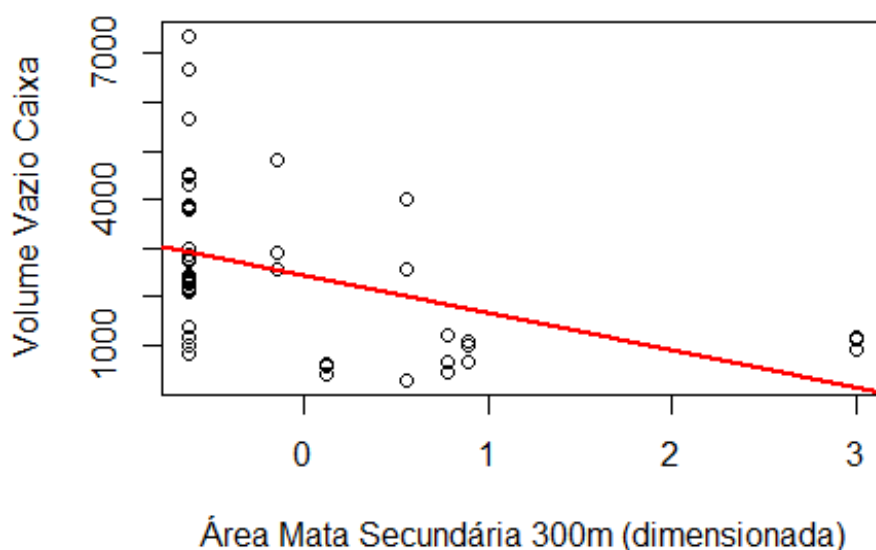


Figura 29. Relação entre os valores do volume vazio da caixa (cm^3) e da área de mata secundária em um raio de 300 metros (variável dimensionada).

O último parâmetro de condição da colônia avaliado foi o volume de potes de mel e pólen. Nesse caso, encontramos 28 modelos como os selecionados para explicar esse parâmetro, sendo os seguintes preditores: “cult_2000”, “cult_3000”, “mat2_1000”, “cult_1000”, “agua_300”, “mat2_3000”, “usod_300”, “urb_3000”, “urb_300”, “urb_2000”, “mat2_300”, “prox_1000”, “urb_1000”, “usod_1000”, “agua_2000”, “agua_3000”, “usod_3000”, “mat2_2000”, “usod_2000”, “prox_2000”, “prox_3000”, “prox_300”, “mat1_300”, “agua_1000”, “mat1_2000”, “mat1_3000”, “mat1_1000” e “cult_300” (Tabela 9). Ficando fora dessa seleção apenas o modelo nulo. Além do mais, pontuamos que todas as escalas da paisagem (300, 1000, 2000 e 3000 metros) foram selecionadas.

De todos os modelos analisados, 14 relacionaram-se positivamente com o volume de potes de mel e pólen. Esses modelos tinham como preditores: “usod_300”, “urb_3000”, “urb_300”, “urb_2000”, “prox_1000”, “urb_1000”, “usod_1000”, “agua_2000”, “agua_3000”, “usod_3000”, “usod_2000”, “prox_2000”, “prox_3000” e “prox_300”. Essas informações podem ser observadas na tabela 10, a qual apresenta o resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para esse parâmetro de condição da colônia.

Já os demais (14) modelos selecionados, apresentaram relação negativa com o volume de potes de mel e pólen. Esses modelos tinham como preditores: “cult_2000”, “cult_3000”, “mat2_1000”, “cult_1000”, “agua_300”, “mat2_3000”, “mat2_300”, “mat2_2000”, “mat1_300”, “agua_1000”, “mat1_2000”, “mat1_3000”, “mat1_1000” e “cult_300” (Tabela 10).

Tabela 9. Melhores modelos selecionados ($\Delta AIC < 2$) para o volume dos potes (mel + pólen) da condição da colônia. Para cada modelo são apresentados o AIC, a diferença em AIC entre o melhor modelo e os modelos seguintes (ΔAIC), o peso (*weight*) e a probabilidade (p) do *Likelihood Ratio Test* (LRT).

Parâmetro	Preditor	AIC	ΔAIC	Weight	P-LRT
Volume Potes (mel + pólen)	Cult_2000	686.5	0	0.057	0.1858
	Cult_3000	686.5	0.01	0.057	0.187
	Mat2_1000	686.5	0.01	0.057	0.1894
	Cult_1000	686.8	0.39	0.047	0.2542
	Agua_300	686.9	0.47	0.045	0.2731
	Mat2_3000	687.1	0.62	0.042	0.3131
	Usod_300	687.2	0.74	0.039	0.3482
	Urb_3000	687.2	0.77	0.039	0.3623
	Urb_300	687.3	0.83	0.038	0.3797
	Urb_2000	687.3	0.85	0.037	0.3909
	Mat2_300	687.5	1	0.035	0.4425
	Prox_1000	687.5	1.04	0.034	0.4716
	Urb_1000	687.5	1.06	0.034	0.4815
	Usod_1000	687.5	1.08	0.033	0.4933
	Agua_3000	687.5	1.09	0.033	0.495
	Agua_2000	687.6	1.19	0.031	0.5576
	Usod_3000	687.6	1.19	0.031	0.557
	Mat2_2000	687.7	1.22	0.031	0.5663
	Usod_2000	687.7	1.25	0.031	0.5997
	Prox_2000	687.7	1.27	0.03	0.6138
	Prox_3000	687.8	1.34	0.029	0.6755
	Prox_300	687.9	1.44	0.028	0.8057
	Mat1_300	687.9	1.46	0.027	0.6401
	Agua_1000	687.9	1.48	0.027	0.8972
	Mat1_2000	687.9	1.48	0.027	0.8303
	Mat1_3000	688	1.5	0.027	0.9272
	Mat1_1000	688	1.53	0.027	0.9785
	Cult_300	688.1	1.6	0.026	0.4243

Portanto, verificamos que o volume de potes de mel e pólen foi o único parâmetro, dentre todos de produção e qualidade de mel e condição da colônia de *M. subnitida*, que mais apresentou modelos selecionados. Dessa forma, consideramos que para esse caso, não fica clara a relação entre as variáveis da paisagem analisadas, adotadas por esse estudo, e o volume dos potes de mel e pólen. Essa falta de clareza na compreensão desse parâmetro de condição da colônia pode ser observada nos valores de probabilidade do *Likelihood Ratio Test* ($P-LRT < 0.05$) (Tabela 9).

Tabela 10. Resumo das estatísticas dos melhores modelos selecionados para o parâmetro volume de potes (mel + pólen) de condição da colônia.

Parâmetro	Preditor	Estimativa	SE	DF	T	P
Volume Potes (mel + pólen)	Cult_2000	-252.28	199.37	12.31	-1.265	0.229
	Cult_3000	-251.64	199.43	12.31	-1.262	0.23
	Mat2_1000	-251.37	200.29	12.33	-1.255	0.233
	Cult_1000	-218.97	202.64	12.35	-1.081	0.301
	Agua_300	-210.59	200.9	13.55	-1.048	0.313
	Mat2_3000	-194.92	204.99	12.37	-0.951	0.36
	Usod_300	182.54	204.31	13.18	0.893	0.388
	Urb_3000	178.03	207.03	12.46	0.86	0.406
	Urb_300	171.75	205.73	13	0.835	0.419
	Urb_2000	168.14	207.6	12.53	0.81	0.433
	Mat2_300	-148.18	207.28	12.47	-0.715	0.488
	Prox_1000	141.54	209.23	12.47	0.676	0.511
	Urb_1000	138.86	208.9	12.64	0.665	0.518
	Usod_1000	135.16	209.31	12.58	0.646	0.53
	Agua_3000	134.51	209.51	12.52	0.642	0.532
	Agua_2000	115.92	210.38	12.51	0.551	0.591
	Usod_3000	116.31	210.1	12.59	0.554	0.59
	Mat2_2000	-114.35	209.68	12.47	-0.531	0.605
	Usod_2000	104.24	210.47	12.61	0.495	0.629
	Prox_2000	99.96	211.06	12.49	0.474	0.644
	Prox_3000	82.4	211.67	12.43	0.389	0.704
	Prox_300	49.39	212.29	12.51	0.233	0.82
	Mat1_300	-88.94	192.77	16.36	-0.461	0.651
	Agua_1000	-24.61	212.48	12.48	-0.116	0.91
	Mat1_2000	-44.45	208.85	13.16	-0.213	0.835
	Mat1_3000	-20.22	210.39	12.89	-0.096	0.925
	Mat1_1000	-8.151	208.976	13.115	-0.039	0.969
	Cult_300	-115.32	150.3	40.75	-0.767	0.447

5.5 ESCALAS ESPACIAIS DAS PAISAGENS

Por fim, apresentamos a influência das escalas espaciais de todos os modelos selecionados para explicar a produção e qualidade de mel e a condição das colônias de *M. subnitida*. Com base nessas informações, consideramos que o maior número de modelos ($AIC < 2$) foi selecionado na escala de 300 metros. Em relação às demais escalas utilizadas 1000, 2000 e 3000 metros, observou-se que os números de modelos selecionados foram praticamente iguais (17, 17 e 18 respectivamente) (Tabela 11).

Tabela 11. Número de modelos selecionados por escala da paisagem

Escala (metros)	Número de modelos selecionados (AIC<2)	Número de modelos selecionados (P-LRT<0.05)
300	21	4
1000	17	3
2000	17	2
3000	18	1

Já em relação aos modelos selecionados pela probabilidade (P) do *Likelihood Ratio Test* (LRT) (P-LRT<0.05), observamos na tabela 9, que na medida em que as escalas foram aumentando, o número de modelos selecionados para explicar os fenômenos foi reduzido.

6 DISCUSSÃO

6.1 PRODUÇÃO DE MEL DA *Melipona subnitida*

Observamos que a quantidade de mel por pote não sofreu influência das variáveis da paisagem utilizadas nesse estudo. Com base nesse resultado, consideramos que independentemente da paisagem, as colônias apresentaram semelhanças na média da quantidade de mel por potes (ml) entre os meliponários avaliados. Ademais, sabendo que existem colônias de *M. subnitida* que constroem seus potes de mel com capacidade maior do que outras, acreditamos que essa informação volumétrica da capacidade de armazenamento dos potes pode servir para seleção de colônias boas produtoras de mel, e para o melhoramento genético da espécie (MAIA et al., 2012).

Acrescendo a discussão da capacidade de armazenamento dos potes de mel, consideramos importante relatar uma informação de um dos meliponicultores entrevistados. Ele, meliponicultor há mais de 15 anos, nos informou que as colônias de abelhas *M. subnitida* embora estejam habituadas com as mesmas características ambientais de uma determinada localidade, algumas delas têm a capacidade de produzir mais do que outras. Sabendo disso, estudos determinados a compreender melhor esse comportamento são sempre necessários e relevantes para o conhecimento do comportamento dessa abelha.

Para a produção de mel de 2013 por colônia, observamos que a classe corpo d'água na escala espacial de 1000 metros foi a variável que melhor explicou e de maneira negativa esse parâmetro de produção. Como explicação para esse fato, acreditamos que os corpos d'água presentes nas áreas de estudo, acabaram reduzindo as áreas de caatinga e, consecutivamente os recursos florais disponíveis. Além dos mais, e embasando-se no conhecimento biológico, as abelhas coletam, principalmente, néctar e pólen como fonte de alimento e materiais para a construção de seus ninhos (como por exemplos: o barro e a resina). Em relação à água, os meliponíneos geralmente bebem pouca (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Já para a produção de 2014, observamos que o uso diverso do solo no raio de 3000 metros foi selecionado como o melhor preditor para explicar, de modo positivo, esse parâmetro de produção, embora não tenha gerado efeito significativo. Acreditamos que essa resposta se deu em razão de que as áreas de cultura agrícolas de porte baixo e as áreas de pastagens, incluídas nessa classe da paisagem (uso diverso do solo), quando no período chuvoso, fornecem grande diversidade e quantidade de plantas herbáceas, fontes de néctar. Dessa forma, podemos explicar o aumento da produtividade de mel no ano de 2014 com o aumento das áreas de uso diverso do solo.

Essas plantas herbáceas, sendo mais representativa em áreas perturbadas (SANTOS, 2010; ANDRADE, 2012) podem ser consultadas no guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga, o qual apresenta algumas espécies dessa natureza com importância melífera, são elas: *Alternanthera tenella* (Quebra-panela), *Froelichia humboldtiana* (Ervão), *Stilpnopappus pratensis*, *Euploca polyphyllum* (Sete-sangrias), *Commelia erecta* (Santa-Luzia), *Jacquemontia gracillima* (Jetirana), *Mimosa modesta* (Malícia), *Mimosa quadrivalvis* (Malícia), *Stylosanthes viscosa* (Melosa) dentre outras (MAIA-SILVA et al., 2012). Essas plantas facilmente se desenvolvem com as primeiras chuvas no semiárido, e se mantém até o fim da estação chuvosa.

6.2 QUALIDADE DE MEL DA *Melipona subnitida*

A umidade e a atividade de água não foram influenciadas de maneira significativa pelas variáveis da paisagem. Entretanto, a umidade do mel foi relacionada de maneira negativa com a urbanização. Essa relação pode ser compreendida com base no efeito da área construída na elevação da temperatura local, que poderia aumentar a evaporação da água contida no mel e diminuir assim a sua umidade. Contribuindo com essa questão, estudo tem demonstrado que a distribuição da temperatura se propaga de maneira diferente conforme são as características de cada uso e cobertura do solo (ELIASSON; SVENSSON, 2003), sendo o calor mais intenso nas áreas urbanizadas (DUGORD et al., 2014).

Dessa forma, quanto maiores as áreas urbanas presentes ao redor dos meliponários, menores serão as áreas verdes, de cultivo e pastagem disponíveis. Isso implica na elevação da temperatura local e na diminuição dos recursos florais disponíveis. Mesmo sabendo que a *M. subnitida* é adaptada as condições de semiaridez, o fator urbanização tende a agravar a situação, podendo refletir na redução da umidade do mel.

Em relação ao pH, o índice de proximidade foi a única variável da paisagem que explicou positivamente, e de maneira significativa, esse parâmetro de qualidade. Para entendimento desse efeito, consideramos que o pH do mel pode estar sendo influenciado pela sua origem floral (CARVALHO et al., 2005). De acordo com essa inferência, acreditamos que a quantidade de áreas naturais próximas aos meliponários fornecem néctares com pH mais elevado quando se compara a outros usos e cobertura do solo.

Além disso, o pH mais elevado do mel em virtude do aumento de áreas de caatinga preservada mais próximas dos meliponários, pode inclusive influenciar no sabor do mel, tornando-o mais doce uma vez que sua acidez foi reduzida. E provavelmente ter mais

aceitabilidade pelos consumidores deste produto natural, podendo representar um incremento na renda dos meliponicultores.

No caso dos açúcares redutores, os melhores modelos selecionados que explicaram esse parâmetro tinham como preditores o corpo de água nas escalas espaciais de 1000 e 2000 metros. Para essa resposta, acreditamos que a florada, fonte de néctar e pólen, próxima aos corpos d'água foi capaz de oferecer néctar com menores concentrações de açúcares, e dessa forma influenciou nas frações de carboidratos presentes no mel. Além disso, a umidade do ar presente nessas localidades é maior comparada com outros usos e ocupação do solo, o que dificulta a evaporação do néctar não permitindo a concentração de seus açúcares.

A concentração do néctar de uma planta pode sofrer alterações ao longo do dia, geralmente apresentando valores muito baixos pela manhã, e podendo aumentar sua concentração de açúcares na medida em que o dia avança devido à influência de fatores internos e externos. Dentre os fatores dessa alteração, estão as condições microclimáticas em virtude da variação da temperatura (ROUBIK; BUCHMANN, 1984; FARKAS et al., 2012) e da umidade relativa do ar (CORBET; UNWIN; PRYS-JONES, 1979; CORBET; WILMMER, 1981), a idade da planta (PETANIDOU; VAN LAERE; SMETS, 1996) e as diferenças de habitats (FARKAS et al., 2012).

Para a sacarose aparente, o resultado que melhor explicou esse parâmetro foi o índice de proximidade de mata primária. Para esse fenômeno, observamos o processo químico e os constituintes da sacarose aparente. Esse parâmetro de qualidade é um dissacarídeo, considerado um açúcar não redutor, e que pode ser hidrolisado através de ácidos diluídos ou enzimas, formando dois monossacarídeos, a glicose e a frutose (WHITE JUNIOR, 1952; 1957; CRANE, 1980). Sobre esse ponto de vista e a correlação positiva entre sacarose e pH (Figura 28), pontuamos que a concentração de sacarose se elevou em função da elevação do pH, podendo ser justificada com base em que maiores valores de pH não podem reduzir os valores de sacarose.

No parâmetro acidez, observamos que o corpo d'água na escala de 1000 metros foi a variável da paisagem que melhor a explicou. Antes de discutirmos acerca desse parâmetro do mel, é necessário saber que o pH de um mel não está diretamente relacionado com a acidez livre em função da presença e ação de tamponamento de vários ácidos e minerais (ALMEIDA-MURADIAN; STRAMM; ESTEVINHO, 2014). Conforme os dados desta dissertação, o pH e a acidez foi correlacionada de maneira negativa (Figura 28).

Nessa compreensão, o represamento de água acaba gerando muitas vezes perda de nutrientes do solo, de biodiversidade, e principalmente, de vegetação nativa. Como visto

anteriormente, a presença de áreas naturais de caatinga próxima aos meliponários influenciaram na elevação do pH. Com base nisso, e observando um cenário oposto, onde a área de caatinga foi reduzida, acreditamos que a acidez livre do mel também pode ser considerada um indicador da qualidade do habitat ao redor dos meliponários.

Já em relação à cor, a variável mata secundária na escala de 300 metros explicou melhor esse parâmetro. Quanto à cor do mel, acrescentamos que esse parâmetro sensorial pode ser influenciado por vários fatores, sendo os seus minerais o conteúdo mais importante (GOMES et al., 2010).

A cor é um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade do mel de *Apis mellifera*, inclusive de abelhas sem ferrão, embora ainda não se tenha regulamento específico para estas espécies. A intensificação da cor do mel pode ter início no período de estocagem, e mais rapidamente com a elevação da temperatura (CRANE, 1980). Vale destacar que o período de coleta de mel desta dissertação, durou aproximadamente três meses, isso pode ter interferido na cor do mel em virtude do período de estocagem dentro dos potes.

Em áreas de mata secundária a composição de plantas é diferente comparada com áreas de mata preservada (SANTOS, 2010), já que estão em estágio de sucessão ecológica mais jovem. Dessa forma, os resultados sugerem que o néctar de plantas pioneiras ou de estágios de sucessão iniciais é responsável pela produção de mel mais escuro.

Portanto, finalizamos essa parte da discussão, esclarecendo que nenhum outro estudo revelou a interação entre a estrutura da paisagem e a produção e qualidade de mel de alguma abelha sem ferrão. Dessa forma, uma discussão embasada nos resultados aqui apresentados com outros, de modo profundo e comparativo, não pôde ser apresentada. Ademais, reiteramos que a composição exata de um mel depende não somente dos seus recursos florais de origem, mas também do tempo, do solo e de outros fatores (CRANE, 1980), tornando-se uma compreensão complexa. Os nossos resultados mostram que essas características que compõem cada lugar, cada paisagem, são fundamentais para entender os parâmetros físico-químicos e sensoriais dos méis.

6.3 CONDIÇÃO DAS COLÔNIAS DA *Melipona subnitida*

Embora não encontramos relação entre as variáveis da paisagem e o volume (área em cm^3) dos favos de cria e o volume (área em cm^3) dos potes de alimento (mel + pólen), é necessário discutirmos que vários fatores podem ter influenciado esse resultado. Relatamos que durante visitas em alguns meliponários localizados perto de áreas com matas naturais de

caatinga e cultivos agrícolas (ver mapas, meliponários G e I), observamos que o desenvolvimento interno das colônias foi baixo. Acreditamos que para esse fato inesperado, o que pode ter acontecido foi o uso de pesticidas nas lavouras. Os pesticidas são uma das importantes causas potenciais do declínio dos polinizadores, já que influenciam profundamente a dinâmica populacional das colônias e o comportamento das abelhas (BRITTAIN et al., 2009; BRITTAIN; POTTS, 2009).

Já o espaço vazio das caixas racionais de criação de *M. subnitida* mostrou-se relacionado negativamente com a área de mata secundária, enquanto que a área urbanizada ao redor dos meliponários influenciou de modo positivo. Com base nisso, compreendemos que as abelhas tiveram um melhor desempenho de desenvolvimento quando se tinha maiores áreas de mata secundária ao redor dos meliponários, uma vez que os espaços vazios das caixas racionais foram reduzidos.

De fato, as matas secundárias apresentam grande diversidade de arbusto, subarbusto, herbácea e trepadeira, ofertando recursos alimentares para as abelhas. Em estudo realizado em área de caatinga para verificar as fontes florais visitadas pelas abelhas foram identificadas 82 espécies, sendo classificadas como: 27 árvores, 20 arbustos e subarbustos, 26 herbáceas e 9 trepadeiras (MAIA-SILVA et al., 2012).

Em relação à influência positiva entre área urbanizada e os espaços vazios das caixas, consideramos que uma das principais causas do declínio dos polinizadores (POTTS et al. 2010) é a perda de ambientes naturais através da modificação do habitat (WINFREE; BARTOMEU; CARIVEAU, 2011; KENNEDY et al., 2013), sendo a crescente urbanização a principal máquina dessa alteração (MCKINNEY, 2006). Esse declínio de diversidade e abundância de abelhas selvagens tem sido documentado desde as últimas décadas (AHRNE; BENGTTSSON; ELMQVIST, 2009).

Com a hipótese de que o estresse nutricional devido à perda de *habitat* tem desempenhado um importante papel no colapso de colônias de abelhas (WINFREE; BARTOMEUS; CARIVEAU, 2011), os recursos de néctar tornam-se escassos, desafiando as abelhas voarem maiores distâncias na busca por alimentos. Nesse cenário, fica cada vez difícil para as abelhas encontrarem seus recursos alimentares, reduzindo assim a sua chance de retornar com sucesso para suas colônias (NAUG, 2009). Buscando compreender como a qualidade da dieta de pólen (diferentes pólenes monoflorais) e diversidade (pólen plurifloral) influencia sobre as abelhas jovens, Pasquale et al. (2013) verificaram que as abelhas alimentadas com a mistura plurifloral viveram mais tempo do que as abelhas alimentadas com pólen monoflorais, exceto para o pólen monofloral enriquecido com proteína. Esses resultados

podem ajudar a entender melhor a influência da agricultura e da intensificação do uso da terra na nutrição e saúde das abelhas.

Portanto, acreditamos que a modificação dos habitats naturais em virtude do crescimento das cidades tem se mostrado como um dos maiores dilemas para a conservação da biodiversidade e também dos polinizadores.

6.4 ESCALAS ESPACIAIS DAS PAISAGENS

Outro aspecto inovador do nosso trabalho foi ter feito análises em múltiplas escalas. Obsevamos que na medida em que as escalas foram aumentando, o número de modelos selecionados para explicar os fenômenos foi reduzido. Esse resultado mostra que a estrutura da paisagem quantificada em um raio próximo aos meliponários teve uma influência mais forte sobre as abelhas. No entanto, o nosso trabalho sugere que as abelhas estão utilizando recursos num raio de até 3 km.

O nosso trabalho buscou observar a escala máxima de 3000 metros haja visto que até o momento do desenvolvimento da pesquisa existia apenas um trabalho que relatava o raio de voo de *M. subnitida* (BRUENING, 2006). Em estudo recente, foi observado que essa abelha pode ir além dessa distância, chegando a alcançar 4000 metros (SILVA et al., 2014). Os autores deste último trabalho sugerem que a abundância de recursos perto do meliponário pode reduzir a sua área de forrageamento.

Acreditamos que o resultado desta dissertação pode contribuir muito com a gestão da meliponicultura, já que mostra a importância de localizar os meliponários próximos a áreas naturais e com menor interferência urbana. Embora já seja sabido que a *M. subnitida* possa voar até 4000 metros, é vantajoso que os recursos alimentares estejam disponíveis a menores distâncias. Além disso, a disponibilidade de diversos recursos florais é fundamental para garantir a sobrevivência da colônia durante a seca.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta dissertação, procuramos compreender como a modificação das áreas de caatinga tem influenciado a produção e qualidade de mel e a condição das colônias de *M. subnitida*. Nossos resultados mostraram que a estrutura da paisagem influenciou em parâmetros de produção e qualidade de mel, bem como a condição das colônias dessas abelhas. Destacamos também que as diferentes classes da paisagem abordadas em várias escalas espaciais, os parâmetros de qualidade de mel e de condição das colônias analisados foram importantes para o desfecho deste trabalho.

Os nossos resultados mostraram a importância de manter e proteger as áreas de caatinga preservada, assim como as matas secundárias (em processo de restauração), para conservar as abelhas e aproveitar os seus serviços ecossistêmicos. Elas são a base para alicerçamos o refúgio futuro para os polinizadores em uma região profundamente afetada pela ação do homem, pela semiaridez e pela previsão do IPCC sobre as alterações climáticas nos próximos anos.

Gostaríamos que este trabalho fosse difundido entre os cientistas, gestores públicos e todos os cidadãos, mas principalmente que pudesse chegar até os meliponicultores. Embora este seja um trabalho pioneiro, esperamos que novos adeptos da área se permitam conhecer mais acerca dos efeitos das paisagens sobre as abelhas para contribuir com o delineamento de conservação dos polinizadores, e garantir os seus serviços ecossistêmicos para o presente e futuro.

REFERÊNCIAS

- AHRNE, K.; BENGTSSON, J.; ELMQVIST, T. Bumble Bees (*Bombus* spp) along a gradient of increasing urbanization. **Plos One**, v. 4, n. 5, p. 1-9, 2009.
- ALMEIDA, D. et al. **Plantas visitadas por abelhas e polinização**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2003.
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B. de; BERA, A. **Manual de controle de qualidade do mel**. São Paulo: APACAME, 2008.
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B. et al. Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International Journal of Food Science and Technology**, n. 48, p. 1698-1706, 2013.
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; STRAMM, K. M.; ESTEVINHO, L. M. Efficiency of the FT-IR ATR spectrometry for the prediction of the physicochemical characteristics of *Melipona subnitida* honey and study of the temperature's effect on those properties. **International Journal of Food Science and Technology**, n. 49, 188–195, 2014.
- ANDRADE, J. R. **Dinâmica populacional de espécies herbáceas em áreas preservada e antropizada da caatinga**. 2012. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2012.
- ANDRIEU, E. et al. The town Crepis and the country Crepis: How does fragmentation affect a plant–pollinator interaction?. **Acta Oecologica**, v.35, p.1-7, 2009.
- BARNES, T. G. **An Ecosystems Approach to Natural Resources Management**. College of food and environment. UK: Kentucky, 1999. Disponível em:< <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/for/for75/for75.pdf>>. Acesso em:10 ago 2013.
- BARNOSKY, A. et al. Approaching a state shift in Earth's biosphere. **Nature**, n. 486, p.52-58, 2012.
- BENJAMIN, F E.; REILLY, J. R.; WINFREE, R. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. **Journal of Applied Ecology**, n. 51, v. 2, p. 440-449, 2014.
- BIESMEIJER, J. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, n.313, p. 351-354, 2006.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais; Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do bioma caatinga 2002 a 2008**, Brasília, 12 mar. 2010. Disponível em: < <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/caatinga/caatinga.htm>>. Acesso em: 28 jun. 2013.
- BRITTAİN, C. A. et al. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. **Basic and Applied Ecology**, v.11, p. 106-115, 2009.

- BRITTAİN, C.; POTTS, S. G. The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, p. 321-331, 2011.
- BROADBENT, E. N. et al. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v. 141, p. 1745-1757, 2008.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v. 41, p. 278-294, 2010.
- BRUENING, H. **Abelha Jandaíra**. Natal: SEBRAE/RN, 2006.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of Meliponinae: a mini review. **Apidologie**, n.23, p. 509-522, 1992.
- CARVALHO, C. A. L. et al. Proposta de regulamento técnico de qualidade físico-química do mel floral processado produzido por abelhas do gênero *Melipona*. In: VIT, P.; ROUBIK, D. W (Eds.). **Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots**. Venezuela: SABER-ULA, 2012.
- CARVALHO, C. A. L. et al. **Mel de abelhas sem ferrão: contribuição para a caracterização físico-química**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI-BA, 2005.
- CASIMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da paisagem: conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. **Revista Portuguesa de Estudos Sociais**, n. 20, 2009. Disponível em: <<http://www.apdr.pt/siteRPER/PT/revista.html>> Acesso em: 29 jul. 2013.
- CORBET, S. A.; WILLMER, P. G. The Nectar of *Justicia* and *Columnea*: Composition and concentration in a humid tropical climate. **Oecologia**, n. 51, p. 412-418, 1981.
- CORBET, S.A.; UNWIN, D.M.; PRYS-JONES, O.E. 1979. Humidity, nectar and insect visits to flowers, with special reference to *Crataegus*, *Tilia* and *Echium*. **Ecological Entomology**, n. 4, p. 9-22, 1979
- CORTOPASSI-LAURINO, M. et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 275-292, 2006.
- CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D. Meliponários de jandaíra no Nordeste Brasileiro. **Mensagem Doce**, n.59, p. 8-15, 2000.
- COSTA, Caio César de Azevedo. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais e nicho trófico de *Melipona subnitida* e *Plebeia aff. flavocincta* (Apidae, Meliponini) em ambiente de caatinga**. 2015. 120 f. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN. Brasil, 2015.
- CRANE, E. **A Book of Honey**. New York: Oxford University Press, 1980.

CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1983.

CRUZ, D. O. et al. Adaptação e comportamento de pastejo da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) em ambiente protegido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, no. 3, p. 293-298, 2004.

DUGORD, P. et al. Land use patterns, temperature distribution, and potential heat stress risk: the case study Berlin, Germany. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 48, p.86-98, 2012.

ELIASSON, I.; SVENSSON, M. K. Spatial air temperature variations and urban land use: a statistical approach. **Meteorological Applications**, vol. 10, n. 2, p. 135-149, 2003.

ELLIS, E. C. et al. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. **Global Ecology Biogeography**, v. 19, n.5, p. 589-606, 2010.

FARKAS, A. et al. Variation in nectar volume and sugar concentration of *Allium ursinum* L. ssp. *ucrainicum* in three habitats. **The Scientific World Journal**, p. 1-7, 2012,

FERRAZ, S. F. B. et al. How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning?. **Landscape Ecology**, v. 29, p. 187-200, 2014.

FORTIN, M. J.; DALE, M. R. T. **Spatial analysis: a guide for ecologists**. New York: Cambridge University Press, 2005.

FREITAS, M. F. et al. Avaliação de colmeias de jandaíra (*Melipona subnitida*), procedentes de divisões, no Meliponário Escol da UFBP, Campus VII, Patos-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Confederação Brasileira de Apicultura, p. 104, 2002.

GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, n. 68, v. 3, p 810-821, 2009.

GARIBALDI, L. A. et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GIANNINI, T. S. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v.1, p. 1-15, 2014.

GIANNINI, T. C. et al. Identifying the areas to preserve passion fruit pollination service in Brazilian Tropical Savannas under climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 171, p. 39-46, 2013.

GOMES, S. et al. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 544–548, 2010.

HADLEY, A. S.; BETTS, M. G. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. **Biological Reviews**, v.87, n. 3, p. 326-544, 2011.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IGLESIAS, A. et al. Comprehensive Study of Honey with Protected Denomination of Origin and Contribution to the Enhancement of Legal Specifications. **Molecules**, v.17, p. 8561-8577, 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Desaparecimento das abelhas melíferas e a perspectiva do uso de outras abelhas na polinização**. Documentos (Embrapa Semi-Árido. Online), v. 249, p. 220-233, 2012a.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. EDUSP, São Paulo, 2012b.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Polinização: os desafios de um Brasil biodiverso para o uso dos serviços ambientais prestados pelas abelhas. **Documentos**, n. 229, p. 48-58, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. Abelhas e Desenvolvimento Rural no Brasil. **Mensagem Doce**, n. 80, 2005.

INOUE, D. W. The value of bees. **Biological Conservation**, v. 140, p. 198-199, 2007.

JAFFÉ, R. et al. Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. **Plos One**, v. 10, p. 121-157, 2015.

KENNEDY, C. M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. **Ecology Letters**, v. 16, n. 5, p. 584-599, 2013.

LOBATO, T.; VENTURIERI, G. C. **Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no nordeste paraense**. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, v. 364, 2010.

MACE, G. M. Approaches to defining a planetary boundary for biodiversity. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 289-297, 2014.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004.

MAIA, U. M. **Diagnóstico da meliponicultura no Estado do Rio Grande do Norte**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Ecologia e Conservação do semiárido) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, 2013.

MAIA, U. M. et al. Análise da Construção de potes de alimento para melhoramento genético de jandaíra *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera, Apidae) em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **Mensagem Doce**, n.116, 2012.

- MAIA-SILVA, C. **Adaptações comportamentais de *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) às condições ambientais do semiárido brasileiro**. 2013. Tese (Doutorado em Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.
- MAIA-SILVA, C. et al. **Guia de plantas visitadas por abelhas na caatinga**. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.
- MAIA-SILVA, C. et al. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, 2015.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. **FRAGSTATS v4**: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2012. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>.
- MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological conservation**, v.127 , p. 247-260, 2006.
- MEDEIROS, C. N. Planejamento e gestão territorial usando um SIG em ambiente web. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 9., 2012. **Anais...** Recife: PE, 2012, p. 1-9.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagem? **Biota Neotropica**, n. 1, v. 12, 2001.
- MORO, M. F. et al. A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, n. 1, p. 1-118, 2014.
- NAUG, D. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. **Biological Conservation**, v.142, p. 2369-2372, 2009.
- NOGUEIRA NETO. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 1997.
- NUNES, E. **Geografia física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica. 2006.
- OLIVEIRA, G. et al. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 21, n. 11, p. 2913-2926, 2012.
- OZCAN, M.; ARSLAN, D.; CEYLAN, D. A. Effect of inverted saccharose on some properties of honey. **Food Chemistry**, v.99, p. 24–29, 2006.
- PASQUALE, D. G, et al. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? **Plos One**, n.8, v.8, 2013.
- PEREIRA, D. S. et al. Abelhas nativas encontradas em meliponários no Oeste Potiguar-RN e proposições de seu desaparecimento na natureza. **Revista Verde**, Mossoró, v.1, n.2, p. 54-65 2006.

- PETANIDOU, T.; VAN LAERE, A. J.; SMETS, E. Change in floral nectar components from fresh to senescent flowers of *Capparis spinosa* (Capparidaceae), a nocturnally flowering Mediterranean shrub. **Plant Systematics and Evolution**, v. 199, p. 79-92, 1996.
- PINHEIRO, E. B. et al. Efeito de diferentes alimentos sobre a longevidade de operárias de abelhas Jandaíra em ambiente controlado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento**, Mossoró/RN, n.4, p. 50-56, 2009.
- POTTS, S.G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.
- ROCKSTRÖM, J., et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475, 2009.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, 1992.
- ROUBIK, D. W.; BUCHMANN, S. L. Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest. **Oecologia**, v. 61, p. 1-10. 1984.
- SANDE, S. O. Proximity to a forest leads to higher honey yield: another reason to conserve. **Biological Conservation**, v. 142, p. 2703-2709, 2009.
- SANTOS, J. M. F. F. **Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo da caatinga: paralelos entre uma área preservada e uma área antropizada em regeneração natural**. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife, 2010.
- SILVA, A.G. et al. Foraging distance of *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n.4, p. 494-501, 2014.
- SILVA, W. P.; PAZ, J. R. L. Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica. **Natureza On Line**, Santa Tereza/ES, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2010.
- SILVEIRA, F. A., MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira, 2002.
- SLAA, E. J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.
- SOUSA, J. M. B. et al. Aspectos físico-químicos e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1765-1774, jul./ago. 2013.
- SOUZA, B. et al. Cultural aspects of meliponiculture. In: VIT, P.; ROUBIK, D. W. (eds). **Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots**. SABER-ULA, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, p. 1-6, 2013.

TAMBOSI, L. R. **Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação:** subsídios para a criação da zona de amortecimento. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TAMBOSI, L. R. et al. A framework to optimize biodiversity restoration efforts based on habitat amount and landscape connectivity. **Restoration Ecology**, p. 169-177, 2014.

TORRES, R. R. et al. Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, p. 1-13, 2012.

TSCHEULIN, T. et al. Influence of landscape context on the abundance and diversity of bees in Mediterranean olive groves. **Bulletin of Entomological Research**, v.101, 557-564.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology**, v. 20, p.171-97, 1989.

Use: a statistical approach. **Meteorological Applications**, v.10, p. 135-149, 2003.

VENTURIERI, G. C. Criação racional de meliponíneos: uma alternativa econômica entre os agricultores familiares amazônicos. **Mensagem Doce 96**, 2008.

VENTURIERI, G. C. et al. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (eds). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. EDUSP, São Paulo, 2012.

VIANA, B. F. et al. A polinização no contexto da paisagem: o que de fato sabemos e o que precisamos saber. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., et al. (Eds.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo, EDUSP, 2012a.

VILLAS-BÔAS, J. K.; MALASPINA, O. Parâmetros físico-químicos propostos para o controle de qualidade do mel de abelhas indígenas sem ferrão no Brasil. **Mensagem Doce 82**. 2005. Disponível em:< <http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/82/artigo2.htm>>. Acesso em: 5 ago. 2013.

VILLAS-BÔAS, J. **Manual técnico: mel de abelhas sem ferrão**. Brasília: Instituto Sociedade e Natureza (ISPN), 2012.

VIT, P. et al. Venezuelan stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physicochemical properties. **Apidologie**, v. 29, p. 377-389, 1998.

VIT, P.; BOGDANOV, S.; KILCHENMANN, V. Composition of Venezuelan honeys from stingless bees (Apidae: Meliponinae) and *Apis mellifera* L. **Apidologie**, v. 25, p. 278-288, 1994.

VOLOTÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial métricas do fragstats**. São José dos Campos: INPE, 1998.

WHITE JUNIOR, J. W. The composition of honey. **Bee World**, v. 38, n.3, p. 57-66, 1957.

WHITE JUNIOR, J. W. The action of invertase preparations. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 39, n.1, p. 238-240, 1952.

WINFREE, R.; BARTOMEUS, I.; CARIVEAU, D. P. Native Pollinators in Anthropogenic Habitats. **Annual Review of Ecology Evolution Systematics**, v. 42, p. 1-22, 2011.

WRATTEN, S. D. et al. Pollinator habitat enhancement: benefits to other ecosystem services. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.159, p. 112-122, 2012.

ZANELLA, F. C. V.; MARTINS, C. F. Abelhas da caatinga: Biogeografia, ecologia e conservação, p. 75-134. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Editora Universitária, UFPE, 2003.