

Capítulo 7

Solos, clima e vegetação em áreas de ocorrência natural de castanheiras na Amazônia brasileira

Luciello Manoel da Silva; Marcos Gervasio Pereira; Camila Santos da Silva; Edson Alves de Araújo; Gilsonley Lopes dos Santos; Michelle Vasconcelos Cordeiro; Ciro Augusto de Souza Magalhães; Darlisson Bentes dos Santos; Rafael Lucas Figueiredo de Sousa; Valdinar Ferreira Melo; Karine Dias Batista; Kátia Emidio da Silva; Lucieta Guerreiro Martorano; Leila Sheila Lisboa; Lúcia Helena de Oliveira Wadt; Marcelino Carneiro Guedes; Marcos Silveira; Maurício Lourenzoni Augustini; Raimundo Cosme de Oliveira Júnior.

Introdução

A castanheira-da-amazônia ocorre não apenas no Brasil, mas também nas Guianas, na Venezuela, na Colômbia, no Peru e na Bolívia. No Brasil, ocorre nos estados da região Norte, além do norte e nordeste do Mato Grosso e do Maranhão, respectivamente. Dentro e entre os estados brasileiros, a ocorrência, a distribuição e a produção da espécie variam bastante. Possivelmente, essa variação decorre da influência de fatores abióticos e bióticos, tais como condições específicas de solo, clima e vegetação.

O bioma amazônico ocupa uma região de grandes dimensões, com alta diversidade em termos de características geológicas, pedológicas, climáticas e de vegetação. Boa parte dos solos apresenta-se como bem drenados, mas com grande variação nos atributos físicos, químicos e mineralógicos. Essas variações, por vezes, contrastam com as condições climáticas que são observadas na região, principalmente quanto ao regime térmico-hídrico, que favorece o avançado intemperismo dos solos. Na região, são encontrados tanto solos com maior maturidade pedogenética – tais como os argissolos e os latossolos, os quais são predominantes – quanto solos geologicamente recentes, como os vertissolos e cambissolos.

As mesmas classes de solos encontradas na região apresentam características distintas entre os estados, principalmente no tocante à constituição mineralógica e textural. A maior parte da Amazônia é caracterizada pela presença de solos distróficos de baixa fertilidade, ácidos, com predominância de argila de atividade baixa e altos teores de alumínio. Entretanto, em uma porção significativa, são observados solos com elevada saturação por bases, argilas de atividade alta, altos teores de cálcio e magnésio. Essa grande variação pode ser observada em solos localizados ao longo da planície aluvial do rio Amazonas, terraços e baixos planaltos das bacias do rio Acre e do Alto Amazonas, formados por basaltos e diabásios, em Roraima, no Pará e no Amapá (Schaefer et al., 2017).

Em estudos que descrevem as classes de solos, Bardales et al. (2011), Ferreira et al. (2017) e Spera et al. (2019) verificaram que as castanheiras ocorrem em diversos tipos de solos, mas predominam nas classes de solos mais intemperizados, como os argissolos e latossolos com textura variada, desde arenosa a muito argilosa. Esses autores observaram a ocorrência de castanheiras em solos com presença de concreções, plintita e petroplintita, o que pode restringir a drenagem nesses ambientes. Entretanto, a maioria das castanheiras mais produtivas ocorreu em solos mais profundos e com boa drenagem.

Os estudos iniciais que descrevem as características de solos sob castanheiras afirmam que a espécie se desenvolve em solos profundos, bem drenados e com textura média a argilosa, não se adaptando em áreas alagadas (Neves, 1938; Locatelli et al., 2005). Com relação à produção de frutos, Tonini et al. (2018) constataram que a espécie produz melhor em solos de textura franco-argilosa e argilo-arenosa, porém os atributos dos solos apresentaram pouca influência na variação da produção.

Em estudo realizado no Acre, Kainer et al. (2007) verificaram correlação positiva da produção de frutos com a capacidade de troca catiônica (CTC) e correlação negativa com o teor de fósforo (P), o que sugeriu que as plantas mais produtivas absorvem mais P, diminuindo o teor desse elemento no solo. Já Costa et al. (2017) verificaram que em Roraima as castanheiras foram muito exigentes em cálcio e que as árvores mais produtivas removem mais bases trocáveis, contribuindo para maior acidificação e empobrecimento do solo.

Quanto à vegetação existente na Amazônia, observam-se diversos ecossistemas, como florestas ombrófilas abertas e densas, florestas estacionais, florestas de

igapó, campos alagados, várzeas e savanas. As castanheiras ocorrem com maior frequência em florestas ombrófilas e florestas estacionais. Por ser uma espécie que necessita de muita radiação solar para se estabelecer (Myers et al., 2000), observam-se altas densidades de regenerantes em florestas secundárias, especialmente em capoeiras oriundas da agricultura itinerante (Cotta et al., 2008; Paiva et al., 2011).

Em se tratando de clima, a região é regida por elevadas temperaturas e altos teores de umidade relativa do ar, em decorrência dos totais anuais de chuva, distribuídos de forma variada (Rebiota et al., 2010). O período mais chuvoso, chamado de inverno amazônico, se concentra em uma determinada época do ano, intercalado por períodos com baixa oferta pluvial, denominado de verão amazônico. Vale destacar que as áreas no Brasil que estão na porção sul do Equador vivenciam condições térmicas elevadas, típicas da estação de verão, entre 21 de dezembro a 20 de março, mas na Amazônia, como nesse período ocorre intensa nebulosidade, principalmente pelos efeitos da zona de convergência intertropical (ZCIT), as populações na região consideram como inverno, pois é o período em que ocorrem reduções térmicas na região. Entretanto, as condições são diferenciadas entre os estados, em decorrência das interações solo-floresta-atmosfera em diferentes escalas espaço-temporal, inclusive por efeitos de outros sistemas frontais que ocasionam as chamadas “friagens” no Acre e em Rondônia, bem como outros efeitos de meso e grande escala, como a redução no regime de chuvas, em anos de El Niño, ou intensos volumes pluviais, em anos de La Niña (Ronchail; Gallaire, 2006; Martorano et al., 2017; Panisset et al., 2018).

Diante do exposto, este capítulo tem como objetivo integrar uma base de informações das classes de solos, vegetação e clima nos municípios onde a castanheira-da-amazônia ocorre naturalmente, no âmbito do território da Amazônia Legal. São apresentados mapas de solo, clima e vegetação para cada estado, com a classificação desses atributos ambientais nos municípios e suas relações com ampla base de dados georreferenciados de ocorrência de castanheiras na Amazônia Legal. Vale ressaltar que a castanheira é uma espécie de vida longa, centenária, e bastante plástica em termos de adaptação. Dessa forma, o ambiente atual de ocorrência pode não ser o mesmo quando do estabelecimento inicial das castanheiras. Este capítulo irá focar na descrição dos ambientes atuais onde há registros de castanheiras, mas não tem a pretensão de explicar relações de causa-efeito para o estabelecimento da espécie.

Características das principais classes de solos, tipologias florestais e do clima nos locais de ocorrência

Base de dados

Os locais de ocorrência natural de castanheiras-da-amazônia nos estados foram definidos com base nas informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no nível do município (2020a, ano-base 2018); em Wadt et al. (2005, 2019), além de informações fornecidas pelas Secretarias de Estado de Agricultura e informações de campo de pesquisadores experientes em trabalhos com a espécie em todos os estados da Amazônia. Para consolidar os pontos de ocorrência, foi utilizada uma ampla base de dados georreferenciados de locais com presenças confirmadas de castanheiras, especializados em Touner et al. (2019).

Os atributos de solos foram obtidos a partir da base de dados sistematizada por Cooper et al. (2005) e Amaral (2007). A espacialização das classes de solos e da vegetação foram efetuadas a partir de dados disponibilizados pelo IBGE (2020b, 2020c). Apesar de utilizar a base do IBGE, no nível municipal, somente as classes de solos e tipologias florestais com ocorrência comprovada de castanheiras-da-amazônia serão mencionadas e detalhadas.

As informações sobre clima foram obtidas da mesma base de dados utilizada por Martorano et al. (2011, 2017, 2019). A caracterização climática foi obtida a partir da base interpolada de Hijmans et al. (2005), que disponibiliza dados médios mensais de variáveis como a temperatura do ar (máxima, média e mínima) e a precipitação mensal. Esses dados abrangem a série histórica entre 1950 e 2000 e tem origem em modelos globais (Global Historical Climate Network – GHCN), com resolução espacial de 1 km². A partir dos dados espaciais, obteve-se a superfície resposta analisada, considerando que cada par de coordenadas geográficas apresenta condições climáticas médias em cada área analisada.

Caracterização dos municípios dos estados do bioma Amazônia em que ocorrem castanheiras

O bioma Amazônia ocupa uma área com cerca de 4.196.943 km², que corresponde a cerca de 40,0 % do território brasileiro. Esse bioma engloba 608 municípios, com uma distribuição por estado da seguinte forma: 52 municípios em Rondônia,

23 no Acre, 62 no Amazonas, 15 em Roraima, 144 no Pará, 16 no Amapá, 139 no Tocantins, 95 no Mato Grosso (dados fornecidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso) e 62 no Maranhão (Maranhão, 2020). Desse total de 608 municípios, já foi registrada a ocorrência de castanheira-da-amazônia em 198 municípios (Figura 1), com ampla diversidade de tipos de solos, vegetação e clima, o que reflete a plasticidade na adaptação da espécie.

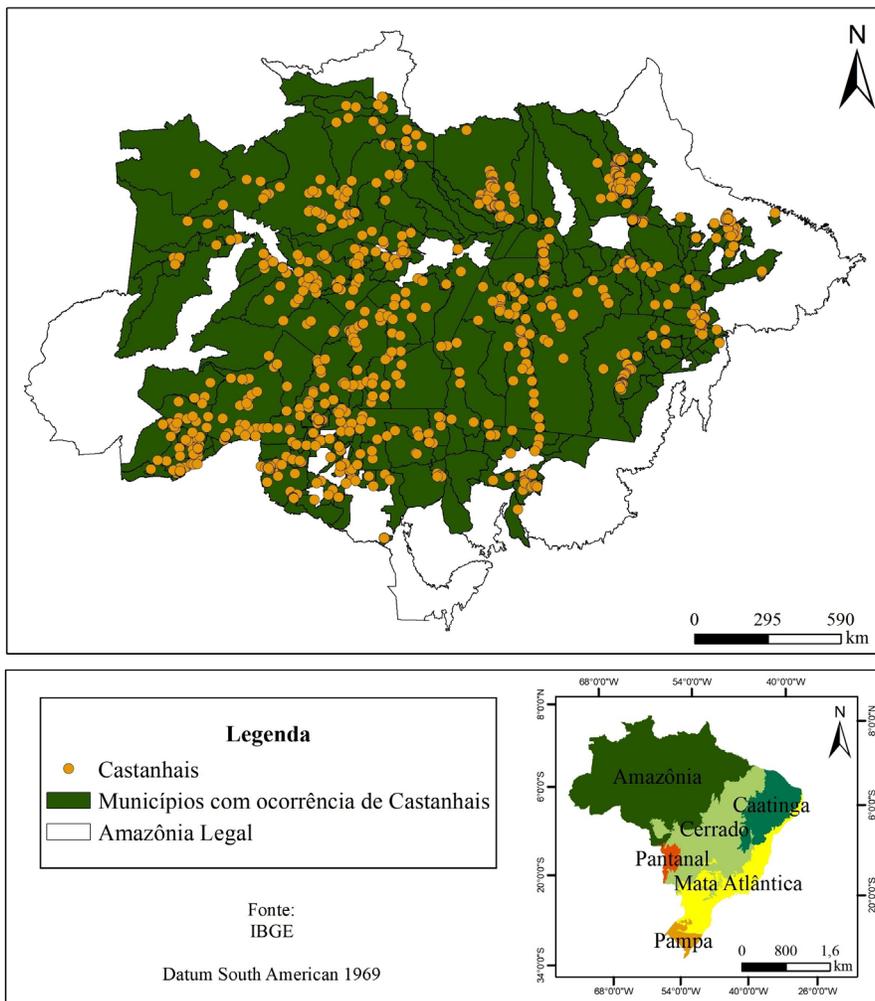


Figura 1. Municípios com ocorrência de castanheiras no bioma Amazônia.

Fontes: IBGE; Touner et al. (2019).

No Pará e no Amazonas, verifica-se o maior número de municípios com registro de castanheiras nativas, o que representa 36% do total de 198 municípios com ocorrência (Tabela 1). Amapá (cinco) e Roraima (nove) são os estados com o menor número absoluto de municípios onde há castanheiras. Entretanto, nesses estados, os municípios com ocorrência de castanheiras representam, respectivamente, 31% e 60% do total dos municípios do Amapá e de Roraima. Os demais estados apresentam de 12 a 28 municípios onde a ocorrência da espécie foi registrada. O maior número de municípios com ocorrência da castanheira pode refletir a proporção da área ocupada pela castanheira em cada estado. Ressalta-se, no entanto, que nem sempre a ocorrência das castanheiras abrange toda a área de cada município.

No Pará e no Amazonas, a área ocupada pelos municípios com ocorrência de castanheira ultrapassou 80% da área total. Nos estados com menor número de municípios em que a castanheira foi registrada, essa proporção varia. Em Roraima, os municípios que apresentaram ocorrência de castanheiras representam apenas 7,58% da área do estado, enquanto no Amapá representam 42,46%.

Tabela 1. Número total de município e de municípios com ocorrência natural de castanha-da-amazônia, área total dos municípios com ocorrência da espécie por estado (km²) e porcentagem da área com ocorrência de castanheiras em relação à área total dos estados.

Estado	Total de Municípios	Municípios com ocorrência de castanheiras	Área total com ocorrência de castanheiras por estado (km ²)	% da área com ocorrência de castanheiras em relação à área total
Acre	23	12	61.911,34	37,75
Amapá	16	5	60.637,37	42,46
Amazonas	62	46	1.313.733,465	83,62
Mato Grosso	141	27	266.232,003	29,47
Pará	144	71	1.042.937,015	83,57
Rondônia	52	28	181.270,79	76,30
Roraima	15	9	15.8307,10	7,58
Total	453	198		

Principais características edáficas dos locais com ocorrência de castanheira-da-amazônia

Os solos predominantes nas áreas de ocorrência da castanheira-da-amazônia são altamente intemperizados, a exemplo dos latossolos e argissolos (Tabela 2), classes que predominam em todos os estados, com exceção do Acre, onde a classe luvisolos tem maior expressão que a de latossolo. No entanto, também são observados solos pedologicamente jovens com ocorrência de castanheiras, como os cambissolos, luvisolos, vertissolos e gleissolos (Tabela 2). Das 13 classes de solos descritas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Santos et al., 2018), por nível de ordem, 11 classes ocorrem nos municípios onde a espécie foi registrada (Figura 2), entretanto não foram observadas castanheiras em áreas de organossolos e planossolos.

Tabela 2. Porcentagem da ocorrência da classe de solos e de castanheira-da-amazônia georreferenciada (nos parênteses) em cada estado.

Classes de solos	Acre	Amapá	Amazonas	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima
Percentual de castanheiras georreferenciada							
Argissolos	65,51 (40)	8,68 (379)	40,00 (163)	45,96 (47)	52,12 (193)	35,42 (29)	30,58 (16)
Amarelo aluminico	2,84	-	5,27 (23)	-	-	-	0,02
Amarelo distrófico	-	-	3,4 (9)	1,44	0,46	-	11,07 (13)
Vermelho distrófico	1,43 (1)	-	0,05	-	0,57	0,01	-
Vermelho eutrófico	0,63	-	-	-	0,03 (1)	-	0,40
Vermelho-amarelo alumínio	42,34 (14)	-	17,35 (131)	-	-	0,44 (2)	-
Vermelho-amarelo distrófico	18,27 (25)	8,68 (379)	13,93 (64)	42,51 (44)	51,03 (192)	25,80 (19)	19,08 (3)
Vermelho-amarelo eutrófico	-	-	-	2,02 (3)	-	9,17 (8)	0,02
Cambissolos	-	-	1,51 (1)	0,12	0,24 (2)	2,52 (3)	-
Háplico aluminico	-	-	1,45 (1)	-	-	0,51	-
Háplico Ta eutrófico	-	-	-	0,02	-	1,03 (3)	-
Háplico Tb distrófico	-	-	0,06	0,10	0,03 (1)	0,51	-
Háplico Tb eutrófico	-	-	-	-	0,02 (1)	-	-
Espodossolos	-	-	8,45 (1)	0,01	0,20	0,45	12,49 (2)
Ferri-humilúvico órtico	-	-	0,37 (1)	-	0,09	-	-
Humilúvico hidro-hiperespesso	-	-	6,63	-	-	-	7,63 (2)

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Classes de solos	Acre	Amapá	Amazonas	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima
Gleissolos	6,49 (6)	2,26	8,54 (526)	1,43 (1)	2,96 (18)	2,37 (8)	5,16 (3)
Háplico Ta distrófico	-		1,46 (5)		-	-	-
Háplico Ta eutrófico	6,29 (6)	1,28	3,76 (253)		1,53 (1)	-	-
Háplico Tb distrófico	-		1,94 (268)	1,41 (1)	0,58 (13)	2,37 (8)	5,16 (3)
Háplico Tb eutrófico	0,20	0,98	0,58		0,81 (4)	-	-
Latosolos	4,95 (4)	84,46 (1114)	30,13 (135)	29,58 (25)	29,59 (752)	42,44 (77)	35,40 (21)
Amarelo ácrico	-	-	2,06 (6)	-	-	-	-
Amarelo distrófico	-	12,06 (842)	20,35 (117)	1,04	18,13 (734)	19,94 (37)	18,27 (4)
Vermelho distrófico	0,90 (1)	-	-	8,84 (19)	0,15	0,37	0,03
Vermelho-amarelo alumínio	-	-	2,82 (7)	-	--	0,56 (2)	-
Vermelho-amarelo ácrico	-	-	-	-	-	0,36 (7)	-
Vermelho-amarelo distrófico	3,93 (3)	72,4 (272)	4,40 (5)	19,71 (6)	11,31 (18)	21,21 (31)	17,10 (17)
Luvissolos	22,71 (7)	-	0,92	-	-	-	-
Háplicos órtico	17,68 (7)	-	0,08	-	-	-	-
Neossolos	-	-	3,75 (5)	20,43 (3)	9,30 (15)	9,85 (28)	13,55
Flúvico Ta eutrófico	-	-	1,32 (1)	-	0,19	-	-
Flúvico Tb distrófico	-	-	0,24 (3)	0,13	0,20	1,27	0,01
Litólico distrófico	-	-	1,10 (1)	11,42 (3)	4,27 (10)	3,18 (4)	8,32
Quartzarênico hidromófico	-	-	0,92	0,13	0,11	1,04 (23)	3,11
Quartzarênico órtico	-	-	0,15	7,60	4,29 (5)	4,25 (1)	2,11
Nitossolos	-	-	-	0,10	1,24 (7)	0,19 (2)	0,58
Vermelho distrófico	-	-	-	0,03	0,1 (1)	-	0,01
Vermelho eutrófico	-	-	-	0,07	1,14 (6)	-	0,57
Vermelho distroférrico	-	-	-	-	-	0,19 (2)	-
Piintossolos	0,32	3,08 (11)	3,76 (9)	1,63 (3)	1,48 (21)	2,97	0,93
Argilúvicos alumínico	-	-	2,67 (4)	-	-	0,43	-
Argilúvicos distrófico	0,32	1,01 (8)	0,07 (1)	0,23	0,2 (6)	2,54	-
Háplico alumínico	-	-	0,78 (3)	-	-	-	0,20
Háplico distrófico	-	2,07 (3)	0,18 (1)	-	0,15	-	0,15
Pétrico concrecionário	-	-	0,05	1,39 (3)	1,13 (15)	-	0,58

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em informações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS.

Em todos os estados foram observadas castanheiras nas classes de solo dos argissolos, latossolos e gleissolos (Figura 2), com exceção do Amapá, onde não foi constada a presença da espécie na classe gleissolos. A classe plintossolos ocorre em todos os estados, mas não foram registradas castanheiras no Acre, em Rondônia e em Roraima, tendo Roraima e Acre apresentado menos de 1% de ocorrência dessa classe de solo. Na classe espodossolo foram registradas castanheiras no Amazonas e em Roraima; na classe cambissolos, além do Amazonas, a espécie ocorre no Pará e em Rondônia. Apenas no Acre foram observadas castanheiras em luvisolos.

A maioria dos solos com ocorrência da castanheira apresenta baixos estoques de nutrientes e é ácida, grande parte com predomínio do Al^{+3} na saturação de base. Foram verificados desde solos profundos e bem drenados até solos rasos e mal drenados, com drenagem imperfeita ou impedida, com ou sem concreções. Apresentam textura que varia de arenosa a muito argilosa, atividade de argila variável, de alta (valores superiores a $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ argila) a baixa – com valores inferiores a $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ argila (Santos et al., 2018), saturação por bases acima ou abaixo de 50%, eutróficos e distróficos, respectivamente, e altos teores de óxido de ferro, como aqueles observados nos nitossolos do Pará e de Rondônia.

Argissolos

A principal característica dessa ordem é o acúmulo de argila em profundidade, em razão da translocação de argila ou por remoção superficial. Ambas as situações conduzem à formação de um horizonte de acúmulo de argila, denominado B textural (Bt). Em função da formação de um gradiente textural, maiores teores de areia em superfície em contraste com o horizonte Bt em profundidade, o fluxo de água ocorre de forma mais lenta em subsuperfície, o que torna esses solos mais suscetíveis aos processos erosivos, principalmente em áreas mais declivosas – relevo ondulado a forte ondulado (Santos et al., 2018).

Nas áreas dos castanhais, observa-se textura que varia de média a muito argilosa, com fertilidade natural variável, sendo verificados solos desde aqueles que não apresentam limitações quanto à disponibilidade de nutrientes (eutróficos) até aqueles que apresentam menores concentrações de nutrientes e maiores teores de Al^{+3} . São predominantemente bem drenados, sendo alguns exemplares dessa ordem com concreções que podem ocorrer em superfície. Nesse grupo, são verificados solos que possuem capacidade de troca catiônica da fração argila variável, com predomínio, nas áreas dos castanhais, de solos com argila de baixa atividade, ou seja, com valores inferiores a $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ argila.

Cambissolos

Os cambissolos são solos que possuem baixo grau de desenvolvimento – pedogênese (Santos et al., 2018), sendo observados nas áreas dos castanhais o predomínio dos cambissolos háplicos. A profundidade desses solos é variável, porém os de maior expressão na área de estudo são os de menor profundidade. Essa característica pode propiciar limitações quanto ao uso, sendo algumas dessas similares àquelas verificadas para os neossolos litólicos.

De maneira geral, apresentam uma boa drenagem e a fertilidade natural é variável, com predomínio na área de estudo daqueles que possuem elevados teores de alumínio trocável e com atividade da fração argila variável, podendo ser observados tanto solos com alta quanto com baixa capacidade de troca catiônica e até presença de cascalho no horizonte superficial.

Em castanhal no sul do Amapá, após levantamento pedológico detalhado, foi confirmada a ocorrência de cambissolo háplico Tb eutroférico gleissólico A chernozêmico, textura argilosa (Oliveria júnior et al., 2020).

Espodossolos

Os espodossolos são solos de pequena ocorrência nas áreas dos castanhais, são verificados os espodossolos ferri-humulúvicos, solos que apresentam acúmulo de matéria orgânica associada a íons de ferro e alumínio nos horizontes subsuperficiais. Apresentam drenagem imperfeita e características que os limitam para o uso agrícola, com destaque para a textura arenosa nos horizontes superficiais, que reduz a capacidade de retenção de água e de nutrientes.

Gleissolos

São solos formados por deposição de sedimentos, e distinguem-se dos neossolos flúvicos, entre outros atributos, pela sua condição de má drenagem (encharcamento do solo) nos períodos de maior precipitação pluviométrica (Santos et al., 2018).

A fertilidade natural é variável, sendo observado nas áreas dos castanhais o predomínio daqueles com fertilidade baixa e elevada acidez bem como os com alta saturação por alumínio. Também se verifica em menor expressão aqueles com melhor fertilidade natural e com argila de atividade alta.

Dentro dessa ordem são observados solos com textura que varia de arenosa a argilosa. A atividade da fração argila também é variável, o que favorece que ocorram solos que apresentam maior capacidade de troca catiônica (presença de minerais de argilas como montmorilonitas) até aqueles que na fração argila verifica-se a presença de caulinita e óxidos, e dessa forma apresentam menor atividade.

Latossolos

Os latossolos são solos com elevado grau de evolução pedogenética, tendo sido submetidos a intenso processo de intemperismo, o que faz que sejam profundos e bem drenados. Eles apresentam como principais minerais da fração argila caulinita e óxidos de ferro e alumínio. A presença desses minerais propicia uma baixa capacidade de retenção de nutrientes (Santos et al., 2018).

Nos locais de ocorrência de castanheiras, observa-se predominantemente a situação de relevo que varia de plano a suave ondulado. Os de maior expressão são aqueles com predomínio de Al^{+3} como principal cátion trocável. Possuem textura que varia de média a muito argilosa, com predomínio da argilosa ou muito argilosa, são ácidos e com saturação por bases inferior a 50% (distróficos). No Amapá, no Mato Grosso, no Pará e em Rondônia, se observam áreas com presença de concreções ao longo do perfil.

Luvissolos

São solos que apresentam um horizonte de acúmulo de argila (Bt) associado a argilas de atividade alta e alta saturação por bases (Santos et al., 2018). A presença do horizonte Bt faz que o fluxo de água ocorra de forma diferenciada no perfil de solo, sendo mais lento nesse horizonte, o que pode intensificar o processo erosivo.

Apresentam elevada fertilidade natural, elevados valores de saturação por bases, de maneira geral superior a 50%, com predomínio de Ca^{+2} e Mg^{+2} no complexo de troca. Quanto à drenagem, são observados solos desde bem drenados até moderadamente drenados. Alguns possuem mudança textural abrupta, característica que pode tornar o solo ainda mais susceptível à erosão.

Neossolos

Os neossolos apresentam como característica marcante a ausência de horizonte B diagnóstico, por serem solos com baixo desenvolvimento pedogenético (Santos et al., 2018).

Os neossolos quartzarênicos apresentam textura predominantemente arenosa ou areia franca (<150 g kg⁻¹ de argila) ao longo do perfil do solo (normalmente até 1,5 m da superfície), o que favorece boa drenagem. São solos que possuem baixa fertilidade natural e baixa capacidade de retenção de água no solo. A textura arenosa também propicia a rápida decomposição da matéria orgânica, além de favorecer a erosão eólica.

Nitossolos

Os nitossolos são solos que apresentam um horizonte diagnóstico subsuperficial identificado como B nítico, Bt (Santos et al., 2018), no qual o acúmulo de argila é constatado pela presença de cerosidade, atributo morfológico resultante da translocação e deposição da argila na superfície dos agregados. Em função da presença de um horizonte de acúmulo de argila, são solos que possuem uma certa suscetibilidade à erosão. Nas áreas dos castanhais, são verificados solos dessa ordem com padrões variáveis quanto à fertilidade natural e ao teor de óxidos de ferro, desde aqueles que possuem maior fertilidade e conteúdo de óxidos de ferro mais elevados – nitossolos vermelhos eutróficos e eutroféricos, respectivamente – até os que apresentam menores valores desses atributos.

Plintossolos

Os plintossolos são solos que se formam em condições de drenagem imperfeita. Em virtude dos ciclos de umedecimento e secagem do solo, se verifica a segregação de ferro e a formação de plintitas, sendo verificada a presença de mosqueamento de cor avermelhada na matriz do solo. A plintita é um corpo que pode ser individualizado da matriz do solo; apresenta consistência friável (que se esboroa facilmente), porém, quando submetida a ciclos de dessecação (perda de água), pode se transformar de forma irreversível em uma concreção endurecida, denominada de petroplintita (Santos et al., 2018). A petroplintita pode ocorrer em qualquer horizonte dentro do perfil do solo; quando em subsuperfície pode limitar o desenvolvimento do sistema radicular de muitas espécies florestais, já em superfície podem limitar as práticas de manejo.

Nesses solos, verifica-se o predomínio de drenagem imperfeita, o que também pode limitar o desenvolvimento das castanheiras. Quanto à atividade da fração argila, são observados solos que apresentam argilas de atividade alta ou baixa. Possuem textura que varia de média a muito argilosa, baixa fertilidade natural e teor de carbono e cátions trocáveis; adicionalmente apresentam elevada saturação

por Al³⁺. Nos plintossolos argilúvicos, de maneira similar ao verificado para os argissolos, observa-se um horizonte de acúmulo de argila, o que também pode favorecer o processo erosivo desses solos.

Principais características edáficas de locais com presença de castanheiras nos diversos estados

A análise em escala mais detalhada no Amapá indica que a ocorrência das castanheiras nesse estado é observada predominantemente na porção sudoeste do estado (Figura 3). O mapeamento de mais de 70 mil castanheiras adultas em cerca de 400 mil hectares na região do Alto Cajari (Picanço et al., 2014) indica a predominância de solos na ordem dos latossolos amarelos (44%) e argissolos vermelho-amarelos (44%). Mas verifica-se também, em menor expressão, a ocorrência das classes latossolos vermelho-amarelos (8,71%), plintossolos argilúvicos (2,08) e plintossolos háplicos (1,55%).

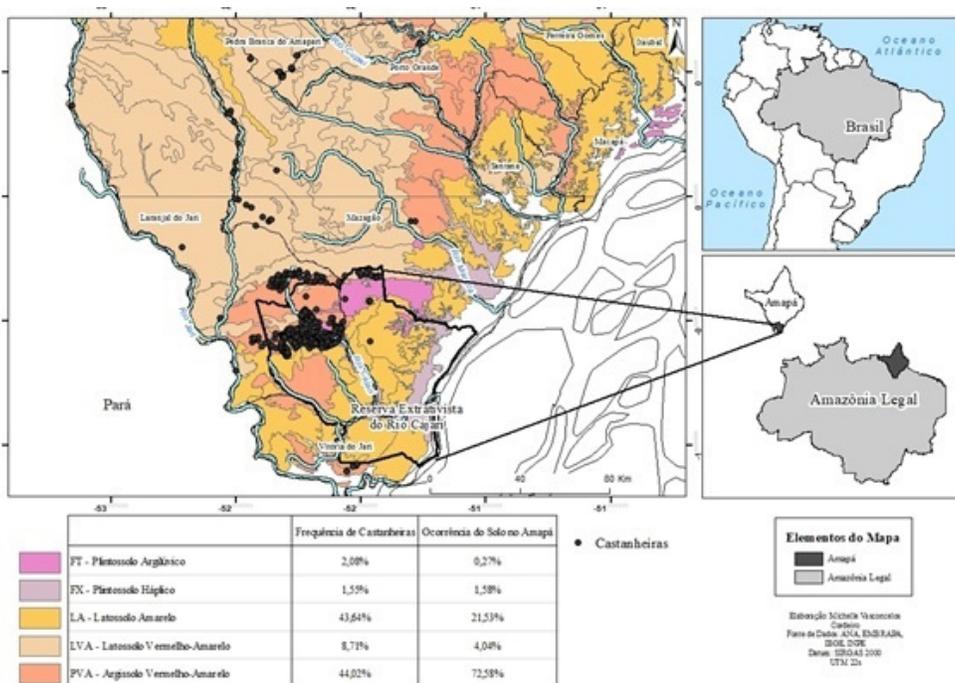


Figura 3. Áreas e classes de solo com ocorrência de castanha-da-amazônia na Resex do Rio Cajari e na região sudoeste do Amapá.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

Neste estudo, o cruzamento dos dados do Censo das castanheiras com as bases cartográficas do IBGE sobre classificação dos solos permitiu a constatação de que a maior frequência das castanheiras (73%) ocorreu sobre argissolo (Figura 3).

Nas duas classes de solo (LA e PVA) predominantes (88%) na área, ocorreram 94% das castanheiras inventariadas. Apesar da maior frequência nas áreas de argissolo, que pode favorecer a ocorrência de castanheiras por alguns atributos próprios, outros fatores como clima e vegetação (luz) podem ser mais restritivos ao estabelecimento dessas castanheiras, que é direcionado pelos centros de origem das matrizes e pelos mecanismos de dispersão. Isso é reforçado pelo fato de que, nessa região, as castanheiras conseguem se adaptar aos diversos substratos disponíveis, inclusive em solos de caráter petroplíntico.

A presença de castanheiras em áreas de plintossolos foi observada na região de transição com a savana, onde é comum se verificar a presença de superfícies planas inclinadas com afloramento (lajedos) de arenito do grupo urupadi, e platôs relictuais com vertentes ravinadas cobertos por couraça laterítica (Gomes Sobrinho, 2017). Os concrecionários lateríticos também podem ser observados em vários castanhais que ocorrem sobre latossolos e argissolos.

Em levantamento em escala de maior detalhe, com abertura de perfis e tradagens a cada 50 m, nas parcelas permanentes da rede Kamukaia (Oliveira Júnior et al., 2020) com ocorrência de castanheiras no sul do Amapá, foram identificadas três principais classes de solos (argissolos, latossolos e cambissolos), que resultou em nove unidades de mapeamento (Tabela 3).

Em outro estudo conduzido em uma parcela permanente de 300 m x 300 m, ainda no Amapá, foi realizado o levantamento pedológico detalhado, com abertura de três perfis. Foi gerado um mapa específico das classes de solo dessa parcela e verificada a relação com a produção (Guedes et al., 2017). Foram encontradas duas classes de solo, argissolos e latossolos, com três unidades de mapeamento (Figura 4): argissolo vermelho-amarelo distrófico típico (PVAD – 62,4% da área), argissolo acinzentado distrófico típico (PACD – 17,6% da área) e latossolo amarelo distrófico típico, LAd – 18,2% da área (Figura 5). A densidade de castanheiras em cada classe de solo foi 6, 6 e 8 cast. ha⁻¹, respectivamente, com porcentagem de castanheiras produtivas de 56%, 44% e 62%. A produtividade média anual em cada classe de solo foi de 843, 137 e 831 frutos ha⁻¹ e a produção média anual foi de 251, 56 e 175 frutos castanheira⁻¹, respectivamente. Na parcela de 9 ha, o latossolo foi a

Tabela 3. Classes de solos observadas em parcelas permanentes com presença de castanheiras-da-amazônia no Amapá.

Classes de solos	Características	Localização
Argissolos		
Acinzentado distrófico arênico gleico	A moderado, textura arenosa à média	0°35'3.68" S e 52°14'14.89" W
Vermelho-amarelo distrófico arênico abrupto	A moderado, textura arenosa à argilosa	0°35'3.68" S e 52°14'14.89" W
Vermelho-amarelo eutrófico nitossólico	A chernozêmico, textura arenosa à média	0°33'42.84" S e 52°18'19.31" W
Vermelho eutrófico chernossólico petroplíntico	A chernozêmico, textura média à argilosa	0°19'19.48" S e 51°56'29.29" W
Cambissolos		
Cambissolo háplico Tb eutroférrico gleissólico	A chernozêmico, textura argilosa	0°19'19.48" S e 51°56'29.29" W
Latossolos		
Vermelho-amarelo distrófico	A moderado, textura média	0°35'3.68" S e 52°14'14.89" W
Vermelho-amarelo distrófico petroplíntico	A moderado, textura argilosa	0°25'21.18" S e 51°57'52.72" W
Vermelho-amarelo distrófico cambissólico	A moderado, textura média	0°25'21.18" S e 51°57'52.72" W
Vermelho-amarelo distrófico típico	A moderado, textura argilosa	0°25'21.18" S e 51°57'52.72" W

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do Projeto MapCast.

ordem com maior porcentagem de castanheiras produtivas, mas a produção média por castanheira foi menor em comparação ao argissolo vermelho-amarelo.

No Acre foram realizados levantamentos semidetalhados (1:50.000) em duas regiões com presença de castanheiras: i) seringal Filipinas; e ii) seringal Cachoeira (Bardales et al., 2011; Ferreira et al., 2017). No seringal Filipinas, os autores identificaram duas classes de solo, argissolos e latossolos, com seis unidades de mapeamentos (Figura 5).

Os argissolos representaram cerca de 83% da área mapeada, com as seguintes características: solos profundos, altos teores de silte e areia fina, alta saturação por alumínio em subsuperfície (70%), baixa de saturação por bases (hipodistrófico) em todo o perfil, extremamente ácidos (pH 4,1 – 4,8) e com baixos teores de matéria

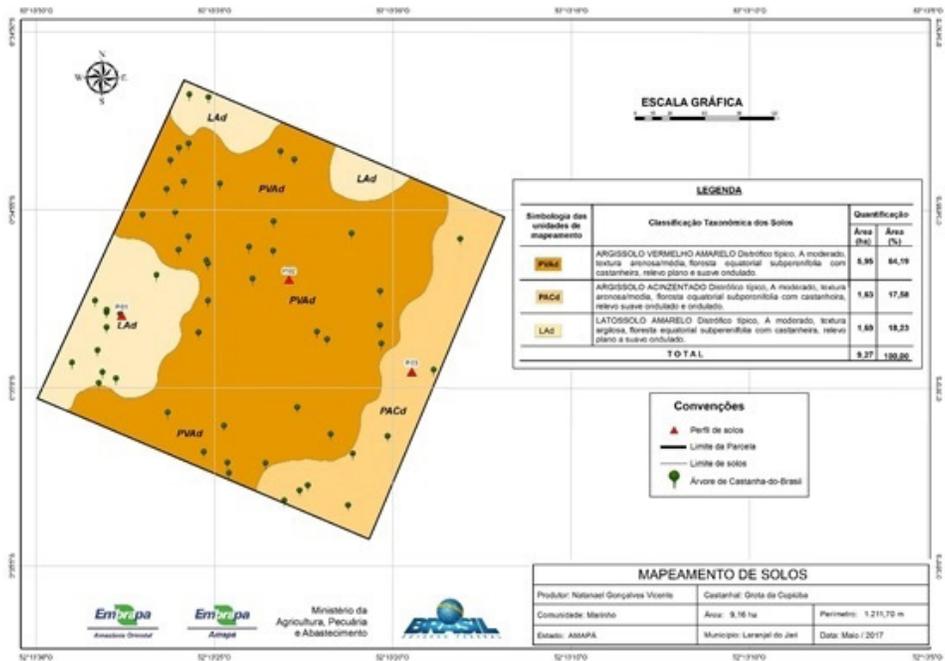


Figura 4. Mapa e classificação de solos em parcela permanente de 9 ha com a localização geográfica das castanheiras com DAP \geq 10 cm.

Fonte: Guedes et al. (2017).

orgânica e fósforo assimilável. Foram verificados principalmente em áreas de relevo variando de suave ondulado a ondulado e localizados na encosta e no topo no seu terço médio, inferior e superior da paisagem.

Os latossolos ocorrem com maior expressão nas áreas mais elevadas, com cerca de 290 m de altitude, e planas da porção sul da colocação (área delimitada pertencente a um determinado produtor). São solos que apresentam características intermediárias para argissolos com concreções, pouco abaixo da ruptura entre o relevo plano e o suave ondulado a ondulado. São solos profundos, com textura franco-arenosa em superfície e franco-argiloarenosa em profundidade, saturação por alumínio acima de 70%, baixa saturação por bases, acidez extremamente alta em superfície e fortemente ácida em sub-superfície, com valores de pH entre 3,6 e 4,6, nos horizontes A e Bw, respectivamente. Os autores verificaram que as castanheiras com maiores produtividades ocorreram nos solos mais desenvolvidos, profundos e localizados em áreas de relevo plano.

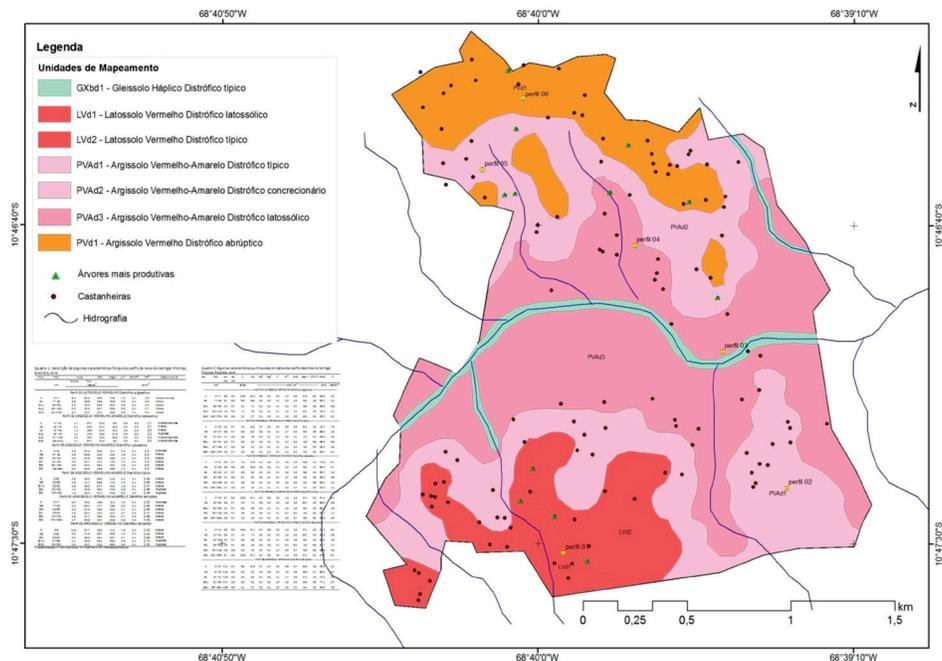


Figura 5. Mapa de solos semidetalhado (1:50.000) e espacialização de espécies de castanheira na Colocação Rio de Janeiro, Seringal Filipinas, município de Epitaciolândia-AC. Fonte: Bardales et al (2011).

No seringal Cachoeira, também foram descritas duas classes de solos, argissolos e latossolos, com três unidades de mapeamento: argissolo vermelho distrófico latossólico, argissolo vermelho-amarelo Ta distrófico típico e o latossolo vermelho distrófico argissólico, com predominância dos argissolos com ou sem concreções lateríticas (Figura 6).

A primeira unidade são solos profundos (profundidade superior a 160 cm), textura média, teores elevados de silte e areia em todo o perfil, o que implica baixo grau de intemperização, ou seja, são solos relativamente jovens.

A segunda unidade de mapeamento são solos com textura franco-siltosa na maior parte do perfil, com mudança para argila siltosa no horizonte Btf. Localizados em relevo suave ondulado, possuem uma relativa mudança textural abrupta entre o horizonte E e o horizonte Btf3. Também ocorre impedimento de drenagem em profundidade nesse solo, o que diminui a sua profundidade efetiva.

A terceira unidade de mapeamento são solos de textura franco-arenosa em superfície e aumento no teor de argila a partir do horizonte BA, passando a franco-argiloarenosa até 2 m de profundidade. São solos muito profundos, bem estruturados, distróficos com textura média e bastante presença de silte, o que indica um latossolo pouco desenvolvido, típico da Amazônia Sul Ocidental, e ocorrem em relevo plano.

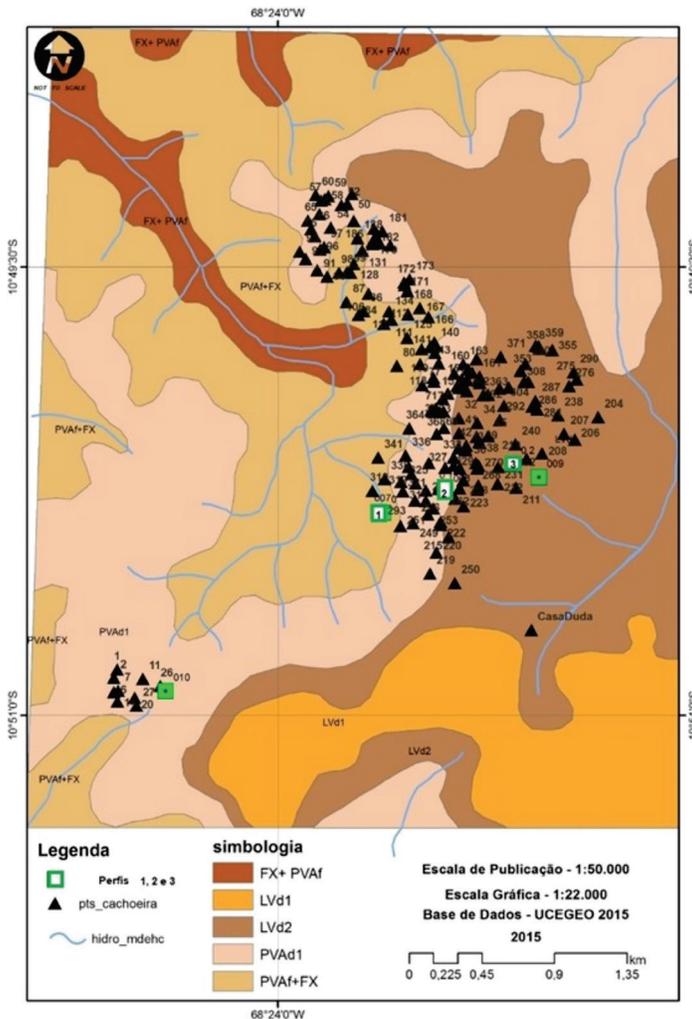


Figura 6. Mapa de solos semidetalhado (1:50.000) com os perfis (1, 2, 3) e a espacialização de espécies de castanheira na Colocação Fazendinha, Seringal Cachoeira, município de Xapuri-AC. LV – latossolo vermelho; e PVA – argissolo vermelho-amarelo.

Fonte: Ferreira et al (2017).

A fertilidade dos solos desses dois seringais é diferente, sendo a fertilidade do seringal Cachoeira superior ao do Filipinas, o que pode estar influenciando na produção, já que o seringal Cachoeira apresenta maior produtividade quando comparado ao Filipinas.

Em Mato Grosso, Spera et al. (2019) realizaram o levantamento pedológico em quatro locais de ocorrência natural da castanheira. Os autores identificaram as classes de solos argissolos, latossolos e plintossolos (Figura 7), sendo as unidades de mapeamento o argissolo vermelho-amarelo distrófico nitossólico, o latossolo vermelho-amarelo distrófico típico, o latossolo vermelho-amarelo distrófico álico e o plintossolo argilúvico distrófico arênico.

No geral, esses solos ocorrem em áreas de relevo plano a ondulado, apresentam acidez elevada, textura variando de arenosa a média, são de baixa fertilidade natural e também pode ser verificado, por vezes, elevado teor de alumínio, com presença dos minerais caulíníticos ou caulíníticos-gibbsíticos.

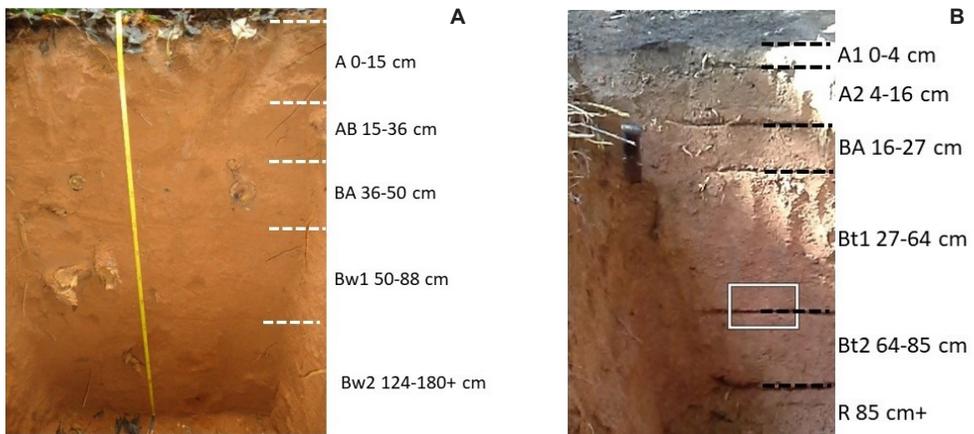


Figura 7. Perfil de latossolo vermelho-amarelo distrófico em Itaúba-MT (A) e perfil de argissolo vermelho-amarelo em Cotriguaçu-MT (B).

Fonte: Spera et al (2019).

Em Roraima, a ocorrência de castanha-da-amazônia predomina em quatro zonas de floresta ombrófila. A primeira se estende desde o baixo rio Branco, abrange os vilarejos de Terra Preta, Caicubí, Santa Maria do Boiaçu, Cachoeirinha, Sacai, nos municípios de Caracará e Rorainópolis, até os municípios de Caroebe, São João do

Baliza e São Luiz, considerada a maior área de ocorrência no estado, na região sul de Roraima, Figura 8 (Tonini; Borges, 2010).

A segunda compreende os municípios de Caracará e Cantá, com ocorrência localizada nas regiões do Itã e Cujubim, parte central do estado (Figura 8). A terceira localiza-se nos municípios de Caracará, Iracema e Mucajaí (no alto rio Mucajaí), com concentrações expressivas na região do Ajarani (Figura 8). A quarta ocorre no município do Alto Alegre, com ocorrência mais especificamente na região do paredão (Figura 8). Os povoamentos com castanheiras em Roraima apresentados neste capítulo são fundamentados em prospecções de campo e informações coletadas de produtores, ribeirinhos e técnicos que realizam atividades de georreferenciamento de terras no estado.

Nos ambientes de castanhais, é observada a ocorrência das classes de solos argissolos, gleissolos, latossolos, neossolos, nitossolos e plintossolos, com predominância dos argissolos e latossolos (Figura 8). As classes de solos são distribuídas de forma diferente entre as quatro zonas em que ocorrem castanheiras em Roraima (Figura 9).

Os argissolos estão presentes em todas as zonas de ocorrência de castanhais mapeados, com maior frequência na parte sul do estado, que corresponde à maior área de ocorrência de castanhais em Roraima. Ocorrem em relevo suave a ondulado, apresentam textura média a argilosa, são bem drenados, profundos e ácidos, com pH entre 4,5 e 5,0. Possuem baixa fertilidade natural, mas, em termos de potássio, os valores são bastante variados, solos com mais de 80 mg kg⁻¹, em superfície, até solos com concentrações inferiores a 20 mg kg⁻¹. Valores mais altos de potássio podem estar associados a perfis nas proximidades de formações rochosas. Entre as classes dos argissolos, destacam-se os argissolos amarelos distróficos e os argissolos vermelho-amarelos distróficos. Os argissolos amarelos distróficos possuem textura arenosa em superfície e média em subsuperfície, apresentando, alguns deles, característica plíntica ou petroplíntica (Santos et al., 2018).

Na classe dos latossolos, predominam os latossolos amarelos distróficos, com maior concentração e área no domínio do baixo rio Branco, abaixo da linha do Equador, região de Santa Maria do Boiaçú, Terra Preta e Caicubí. Os latossolos amarelos são de textura média a argilosa, profundos, distróficos, ácidos (pH 3,5-5,0) e de baixa fertilidade natural, com altos teores de alumínio alto.

Locais com presença de castanha-do-brasil

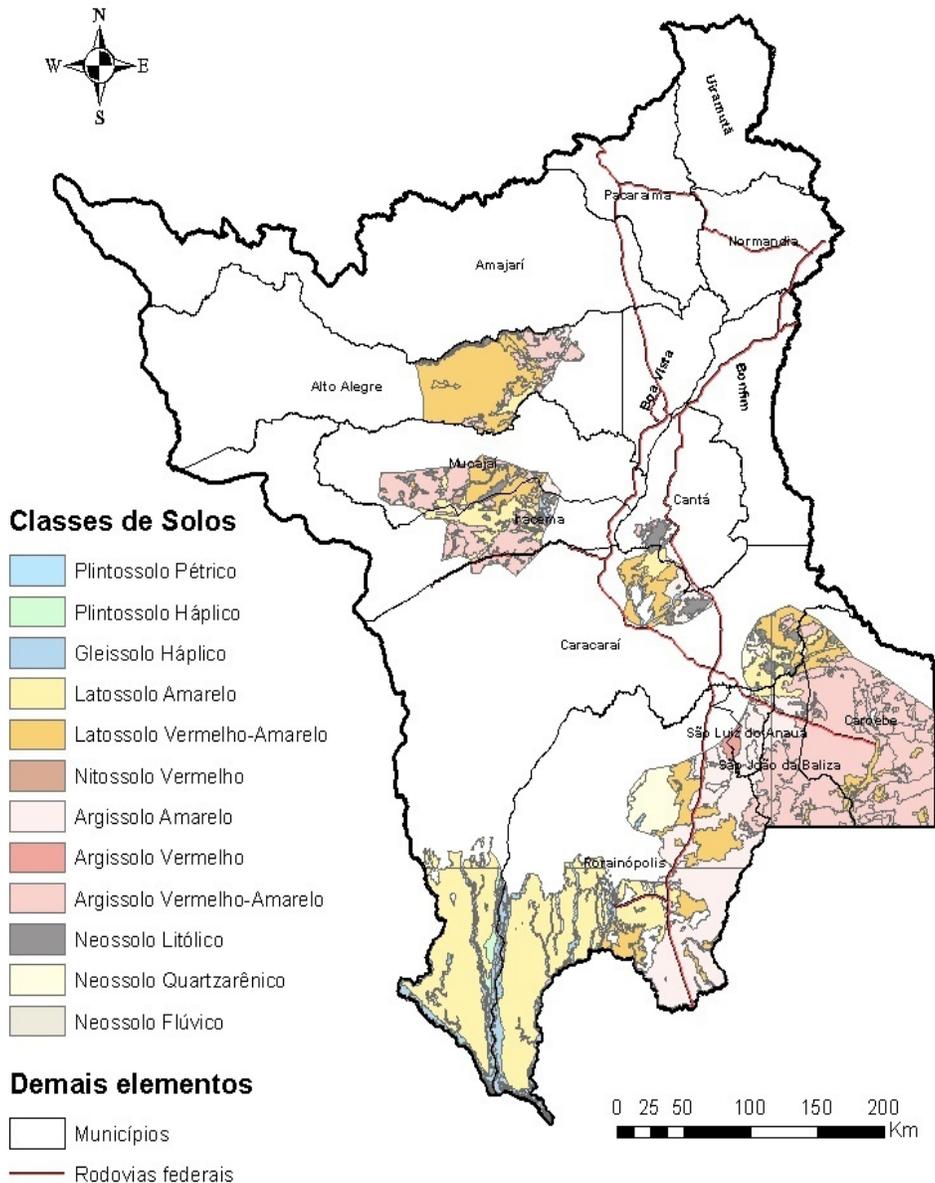


Figura 8. Mapa de solos com ocorrência de castanhais nativos em Roraima.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

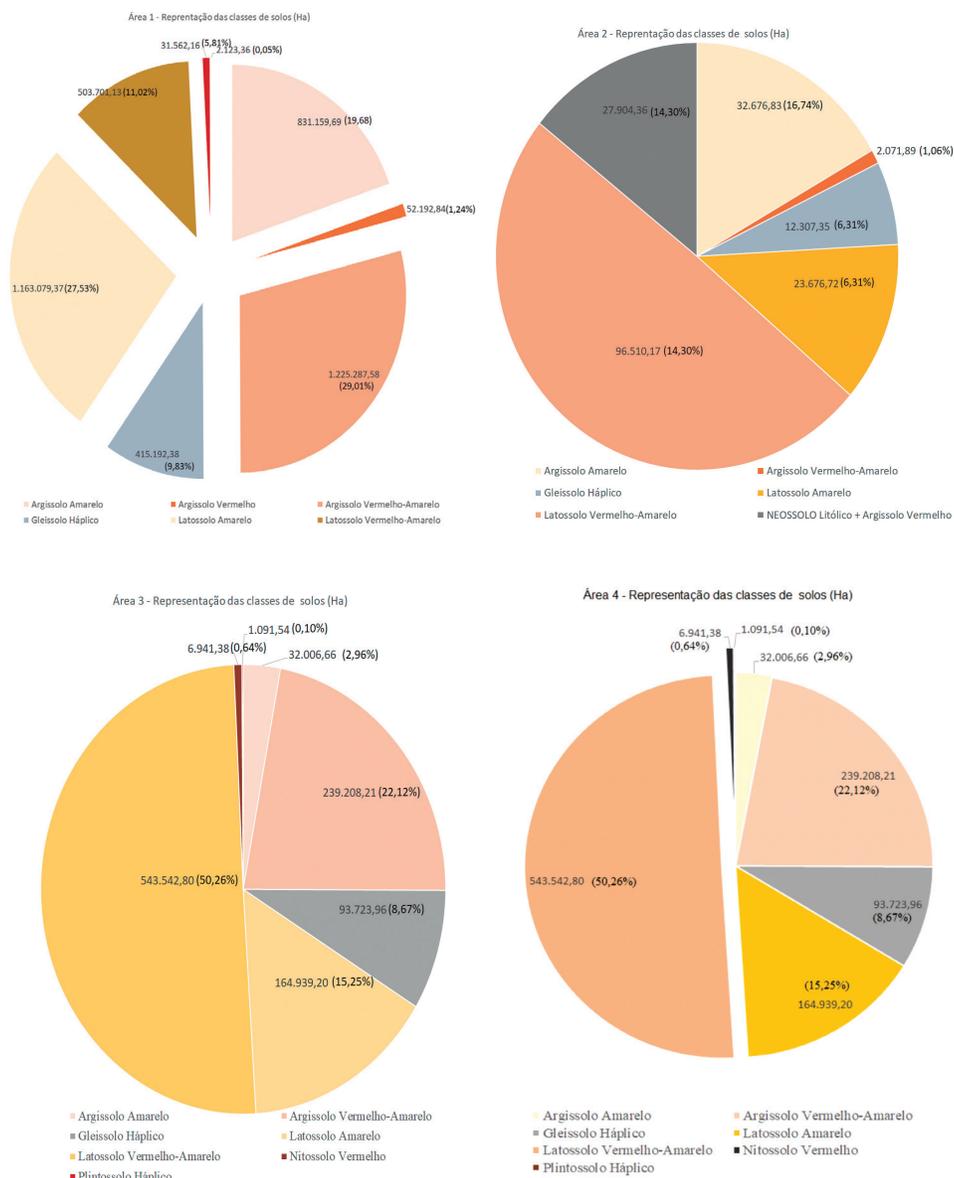


Figura 9. Distribuição das classes de solos nas quatro zonas de ocorrência de castanheiras em Roraima.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

Principais características das tipologias florestais dos municípios com ocorrência de castanheiras-da-amazônia

As tipologias florestais nas áreas de ocorrência de castanhais nativos são compostas, predominantemente, por floresta ombrófila. Também ocorrem as formações pioneira, savana (Cerrado), refúgio, campinarana, contato e florestas estacionais (Tabela 4, Figura 10), que acompanham o arco do desmatamento na transição Amazônia-Cerrado, desde o leste do Acre, Rondônia, norte do Mato Grosso, sul do Amazonas e do Pará e norte do Tocantins e do Maranhão.

A tipologia floresta ombrófila predomina em todos os estados de ocorrência da castanheira-da-amazônia (Tabela 2, Figura 6). Essa tipologia tem várias subcategorias, mas todas elas são caracterizadas por vegetação de alto porte e predomínio de elevada densidade de árvores. As castanheiras podem ser encontradas tanto na floresta ombrófila densa, que predomina na Amazônia Central, quanto na floresta aberta, com palmeiras e bambus do gênero *Guadua*, comuns na parte sul-ocidental da bacia amazônica. Por definição, essas florestas ocorrem em regiões de clima com altas temperaturas e de precipitação pluviométrica elevada. No entanto, elas podem ocorrer em áreas na Amazônia onde as chuvas não são bem distribuídas durante o ano, o que determina uma situação bioecológica com período seco (< 100 mm por mês) durante o verão amazônico.

Na Amazônia Central e Ocidental, a floresta ombrófila apresenta maior densidade e diversidade de espécies arbóreas (Steege et al., 2003), o que pode contribuir para variações na estrutura do dossel e predomínio de floresta mais fechada e de menor porte. Na Amazônia Oriental, a floresta e as próprias castanheiras apresentam porte mais elevado, acima de 40 m (Costa, 2018). Independentemente da tipologia, a castanheira sempre é uma espécie dominante e emergente no dossel, o que mostra sua estreita relação com a definição da estrutura vertical e horizontal das florestas.

A castanheira também está presente na floresta estacional, que ocorre no Mato Grosso, no Pará, em Rondônia, na transição entre a Amazônia e o Cerrado, e em Roraima, onde há duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa e outra de longo período biologicamente seco, onde ocorrem espécies perenifólias – que mantêm as folhas durante todo o ano –, semidecíduas – que perdem parte das folhas durante o período mais seco – ou completamente decíduas – que perdem todas as folhas durante o período mais seco. Essa tipologia, assim como outras

mais abertas, que permitem maior penetração de radiação solar, podem facilitar o estabelecimento das castanheiras.

A presença da espécie é comum nas áreas de contato (transição), no Amazonas, no Mato Grosso, em Rondônia e em Roraima (Figura 6), que constituem uma região de transição entre duas ou mais tipologias florestais. No Amapá, já foi confirmada a ocorrência da espécie em áreas de contato (transição) de savana amazônica com floresta ombrófila (Costa, 2018). Nessas áreas de contato, na maioria das vezes, floras de regiões distintas formam comunidades indiferenciadas e constituem transições florísticas ou contatos edáficos. Essa ocorrência de vegetação de transição edáfica não oferece dificuldade em ser delimitada, seja para os tipos de vegetação com estruturas fisionômicas semelhantes, seja para aqueles com estruturas diferentes.

No entanto, pode-se observar que os castanhais estão presentes também em ambientes com baixa diversidade de espécies, raridades e endemismos estreitos, como as campinaranas, onde uma ou poucas espécies respondem pela dominância da estrutura da vegetação, o que contrasta com a maioria das florestas amazônicas. Essa formação vegetal sobre areia branca ocorre no Amazonas, no Acre, no Mato Grosso, no Pará e em Roraima, em áreas fronteiriças da Colômbia e Venezuela, nas bacias dos rios Negro e Rio Branco e sob a forma de disjunções por toda a Amazônia. Nessas áreas planas e temporariamente alagadas, onde predominam os espodossolos, ocorrem três tipos principais e distintos de campinarana, a campinarana arbórea e a florestada.

A savana (Cerrado) ocorre em todos os estados, exceto no Acre, embora diversas espécies características desse bioma ocorram no estado (Figura 6). A savana ocorre sob distintos tipos de clima, mas sempre com uma estação seca, mesmo que curta, bem definida. Ela é caracterizada pela ocorrência majoritária de árvores de baixo porte, geralmente com troncos e ramos tortuosos, e de um estrato arbustivo-herbáceo rico em espécies, normalmente associado a gramíneas. As savanas amazônicas são áreas consideradas “refúgio” desse tipo de vegetação, que predominava na Amazônia até o médio Holoceno, cerca de 6 mil anos atrás, devido ao clima seco e à constante presença de fogo. Nesse período, o clima começou a ser alterado, favorecendo mais as árvores e a expansão das florestas e das próprias castanheiras, cuja distribuição geográfica foi se aproximando cada vez mais da atual (Thomas et al., 2014).

A formação pioneira ocupa áreas de solos formados a partir da deposição de sedimentos, ainda instáveis, como as planícies fluviais e as depressões aluvionares (pântanos, lagoas e lagoas), onde predomina uma vegetação de porte herbáceo-arbustivo; e formações mais arbóreas e florestais apenas onde as condições edáficas são mais favoráveis não é observada no Acre e em Roraima.

Tabela 4. Porcentagem das tipologias florestais e castanheiras georreferenciadas (entre parênteses) nos municípios de ocorrência da espécie.

Tipologias Florestais	Acre	Amapá	Amazonas	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima
% / Número castanheiras georreferenciadas							
Campinarana	-	-	11,11 (6)	0,03	0,40 (1)	-	19,47 (1)
Arborizada	-	-	1,63 (4)	0,01	0,12 (1)	-	0,90
Florestada	-	-	8,17 (2)	-	0,15	-	12,07 (1)
Contato	-	-	0,95 (1)	6,00 (5)	0,09	2,48 (3)	4,59 (1)
Floresta Ombrófila	83,50 (31)	92,22 (1491)	81,99 (554)	50,65 (35)	79,50 (847)	69,79 (109)	66,78 (33)
Aberta Aluvial	6,92 (5)	0,16	3,02 (252)	0,11	-	2,34 (8)	-
Aberta das Terras Baixas	59,94 (12)	-	8,31 (5)	-	0,05	20,91 (37)	0,17
Aberta Submontana	-	0,9	3,75 (11)	29,81 (36)	24,11 (61)	37,98 (54)	5,93 (2)
Densa Aluvial	0,02	3,1	7,18 (24)	0,99 (1)	2,72 (43)	1,05 (4)	1,87
Densa das Terras baixas	16,62 (14)	8,7 (346)	43,88 (262)	-	13,06 (606)	0,98	6,19 (4)
Densa Montana	-	0,63 (159)	0,85	-	0,12	-	8,22
Densa Submontana	-	78,73 (986)	15 (21)	19,74 (8)	39,43 (137)	6,53 (6)	44,39 (27)
Floresta Estacional	-	-	-	23,19 (18)	1,30	1,61	4,12 (1)
Semidecidual	-	-	-	10,33 (9)	0,96	0,47	3,97 (1)
Submontana Sempre Verde	-	-	-	12,21 (9)	-	0,96	-
Submontana	-	-	-	-	-	-	-
Florestamento/ Reflorestamento	0,01	0,81	-	-	0,12 (3)	-	-
Formação Pioneira	-	2,47	0,78 (4)	0,13	0,86 (1)	2,27	-
Com influência fluvial e/ou lacustre	-	2,47	0,78 (4)	0,13	0,83 (1)	2,27	-
Savana	-	1,77 (3)	1,03 (1)	6,13	4,46 (1)	5,98	2,26 (1)
Gramíneo-Lenhosa	-	-	0,08	0,02	0,20	0,15	1,47 (1)
Parque	-	1,55 (3)	0,59 (1)	0,50	1,14 (1)	1,15	-
Vegetação Secundária	0,22	0,93 (10)	0,79 (301)	0,10	2,39 (111)	0,30 (1)	0,44 (1)

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do Projeto MapCast.

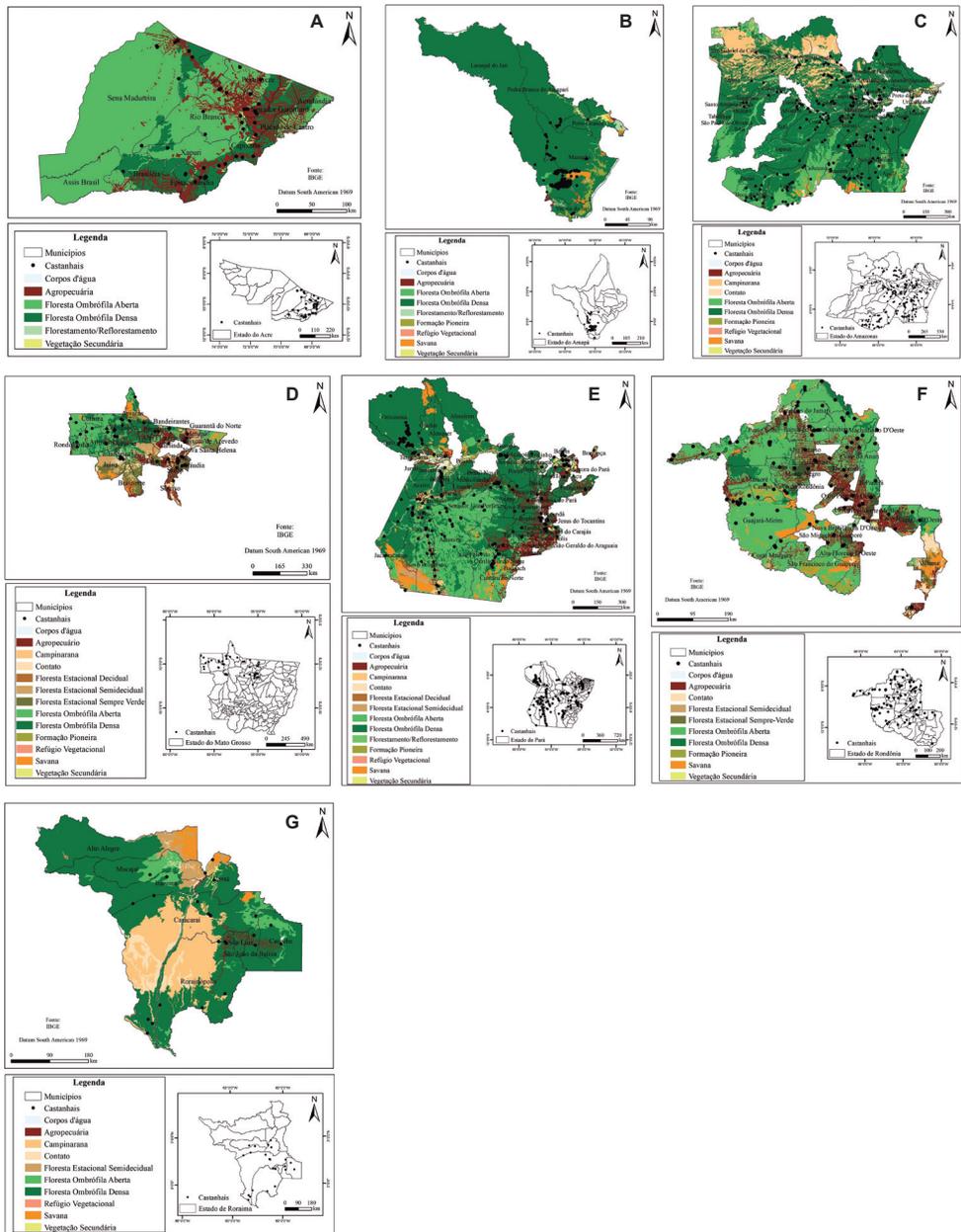


Figura 10. Principais tipologias florestais nos municípios de ocorrências de castanheiras no Acre (A), Amapá (B), Amazonas (C), Mato Grosso (D), Pará (E), Rondônia (F) e Roraima (G).
 Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

Destaca-se a presença de castanheiras em FOD das terras baixas (altitude < 100 m), já nas proximidades do canal norte do rio Amazonas, próximo à foz do rio Jari, no município de Vitória do Jari. Essas áreas são ocupadas por florestas densas, logo após os campos inundados, mas que permanecem livres da inundação, porém, nas florestas de várzea ou florestas aluviais, não foram constatadas castanheiras. Também se verificaram castanheiras na vegetação classificada como savana parque. No entanto, o que se observa em campo é que essas castanheiras estão presentes em ilhas de floresta no meio da savana ou em áreas de transição. Não se verificam castanheiras isoladas ou em áreas de savana parque *sensu strictu*. Esses resultados confirmaram o resultado da análise mais geral para toda a Amazônia, no nível de município, constatando que, nas áreas com ocorrência de castanheiras, predomina a floresta ombrófila densa (FOD). Entretanto, apesar de a maior parte da área ser coberta por floresta densa, a maior densidade foi encontrada na floresta ombrófila aberta – 31.422 castanheiras (45%) do total inventariado (70.646), em uma área de 400 mil hectares. É possível que a FOD observada atualmente se desenvolveu após o estabelecimento das castanheiras, considerando a necessidade de luz para o estabelecimento das castanheiras (Myers et al., 2000).

Em estudos recentes, como os de Tonini e Baldoni (2019), que avaliaram a regeneração natural da castanheira em diferentes tipologias florestais nos estados de Roraima e do Mato Grosso, os autores identificaram que a sobrevivência de plântulas não diferiu entre a floresta aberta e a densa, ou seja, nesta fase a espécie não possui preferência de sítio. Entretanto, somente em floresta aberta as plântulas conseguiram se desenvolver e chegar à condição de vareta, com altura ≥ 1,5 m, quando de fato ocorre o estabelecimento da espécie. Nessa fase, a taxa de mortalidade é próxima de zero (Zuidema, 2003).

Principais características do clima nos estados que compõem a Amazônia Legal

Com base nos estudos apresentados em Martorano et al (1993) para o estado do Pará e nas análises topoclimáticas no contexto da região amazônica (Martorano et al., 2011, 2017, 2019; Tourne et al., 2019), nota-se na Figura 12 que o Amapá apresenta padrões altimétricos em que as cotas abaixo de 100 m localizam-se na porção sudeste do estado, seguidas de cotas de 100 a 200 m nas áreas mais ao centro da área, e as maiores altitudes predominam na porção mais a noroeste do estado (A). Observa-se que a tipologia climática predominante na área de interesse

é o Am₂, que rege cerca de 71%, seguida do Am₃, com 21%, indicando que no mês menos chuvoso as cotas pluviiais são inferiores a 60 mm (B). Em termos de chuva anual, na tipologia Am₂ as chuvas anuais variam de 2 mil a 2,5 mil milímetros e no Am₃ as cotas pluviiais concentram-se na faixa de 1,5 mil e 2 mil milímetros.

Vale destacar que na tipologia Am₃ são identificadas as maiores ocorrências de castanheira-da-amazônia no estado. A temperatura média anual nesses locais de ocorrência da espécie concentra-se na faixa entre 25,0 a 26,0 °C, sendo identificada como a área mais úmida do estado, onde em média a umidade relativa do ar encontra-se entre 80% e 85%, em termos de média anual.

Em Rondônia as ocorrências predominam em cotas altimétricas inferiores a 200 m (Figura 13A), regidas pela tipologia climática que apresenta características dos subtipos (Figura 13B), indicando que nos meses menos pluviosos os eventos são inferiores a 60 mm, mas em termos Am₃, Am₄, Aw₃ e Aw₄ de total pluvial anual os valores variam de 1,5 mil a 2,5 mil milímetros (Figura 9C). As condições térmicas máximas concentram-se entre 30,0 °C e 32,0 °C (Figura 13D), com temperaturas médias entre 25,5 °C e 27,0 °C (Figura 13E); as temperaturas nas madrugadas (quando ocorrem as mínimas) apresentam valores entre 19,0 °C e 21,5 °C (Figura 13F).

Nas áreas de ocorrência, o *deficit* de pressão de vapor (DPV) varia entre 0,5 e 0,7 (Figura 13G); os valores de umidade relativa do ar ficam entre 80% e 85% (Figura 13H), reforçando que essas variáveis climáticas apresentam padrões associados às ocorrências da espécie. Considerando-se a distribuição espacial no estado do Pará, nota-se que, em termos de hipsometria, as ocorrências se concentram também em cotas altimétricas inferiores a 200 m (Figura 14A). Todavia, em se tratando de tipologia climática, foram observadas ocorrências além do Am₃, Am₄ e Aw₃, também no Af₃ (Figura 14B), reforçando que o regime de chuva anual se manteve na mesma faixa das cotas pluviiais observadas em Rondônia, ou seja, predominando entre 1,5 mil e 2,5 mil milímetros (Figura 14C).

As temperaturas máximas (30,0 a 32,0 °C), médias (25,5 °C a 27,0 °C) e mínimas (19,0 °C a 23,0 °C) indicam que apenas nas madrugadas as condições térmicas das mínimas foram ampliadas em 1,5 °C (Figuras 14D, 14E e 14F, respectivamente),

ao comparar as condições térmicas no Pará com as registradas em Rondônia, mas as demais seguem o mesmo padrão climático com relação ao DPV (Figura 10G) e à umidade relativa do ar (Figura 10H). No Amazonas (Figura 15), as ocorrências também predominam nas cotas altimétricas inferiores a 200 m (A), nos subtipos Af₃, Am₂ e Am₃ (B), o que indica que, nos meses menos pluviosos no Af₃, as cotas são superiores a 60 mm, ampliando-se a faixa pluvial anual que vai de 1,5 mil a 3 mil milímetros (C). As temperaturas máximas variam entre 29,5 °C a 32,0 °C (D); as médias, entre 25,0 °C e 27,0 °C (E); e as mínimas, entre 19,0 °C e 23,0 °C (F). O DPV nas ocorrências varia entre 0,4 e 0,7 (G) e a umidade relativa do ar, entre 80% a 85% (H).

Ao analisar os locais de ocorrência no estado do Acre (Figura 16), nota-se que a hipsometria também é inferior a 200 m (A) e o subtipo climático predominante é o Am₄ (B), com os totais de chuva anual variando entre 1,5 mil a 2 mil milímetros (C). As máximas variam entre 31,0 °C e 32,0 °C (D); as médias, entre 24,5 °C e 26,5 °C (E); e as mínimas, entre 18,0 °C e 21,5 °C (F). O DPV também varia entre 0,4 e 0,7 (G), semelhante às condições no Amazonas, mas quanto à umidade relativa do ar a faixa amplia-se entre 75% a 85% (H).

No Mato Grosso, os valores altimétricos apresentam cotas abaixo de 200 m (Figura 17), sendo o subtipo climático predominante no Am₃ e Aw₃ (B), com chuvas anuais variando entre 2 mil a 2,5 mil milímetros (C). Nesse estado, as temperaturas máximas variam entre 31,0 °C e 32,0 °C (D) nas áreas de ocorrência da espécie, sendo as temperaturas médias entre 25,0 °C e 26,5 °C (E) e as mínimas variando entre 19,0 °C e 21,0 °C (F). Observa-se que a faixa do DPV varia entre 0,4 e 0,6 (G) e a umidade do ar varia de 80% a 85% (H).

Em se tratando do estado de Roraima (Figura 18), as ocorrências também estão abaixo de 200 m (A) de altitude (A), e os subtipos climáticos Af₃, Am₃ e Am₄ (B) indicam que as cotas pluviais durante o ano variam entre 1,5 mil a 2,5 mil milímetros (C). As condições térmicas máximas, médias e mínimas variam entre 30,0 °C e 32,0 °C (D); 25,0 °C e 27,0 °C (E) e 19,0 °C e 22,5 °C (F), respectivamente. A variação do DPV ficou na faixa entre 0,6 e 0,8 (G), com a umidade variando entre 75% e 85% (H).

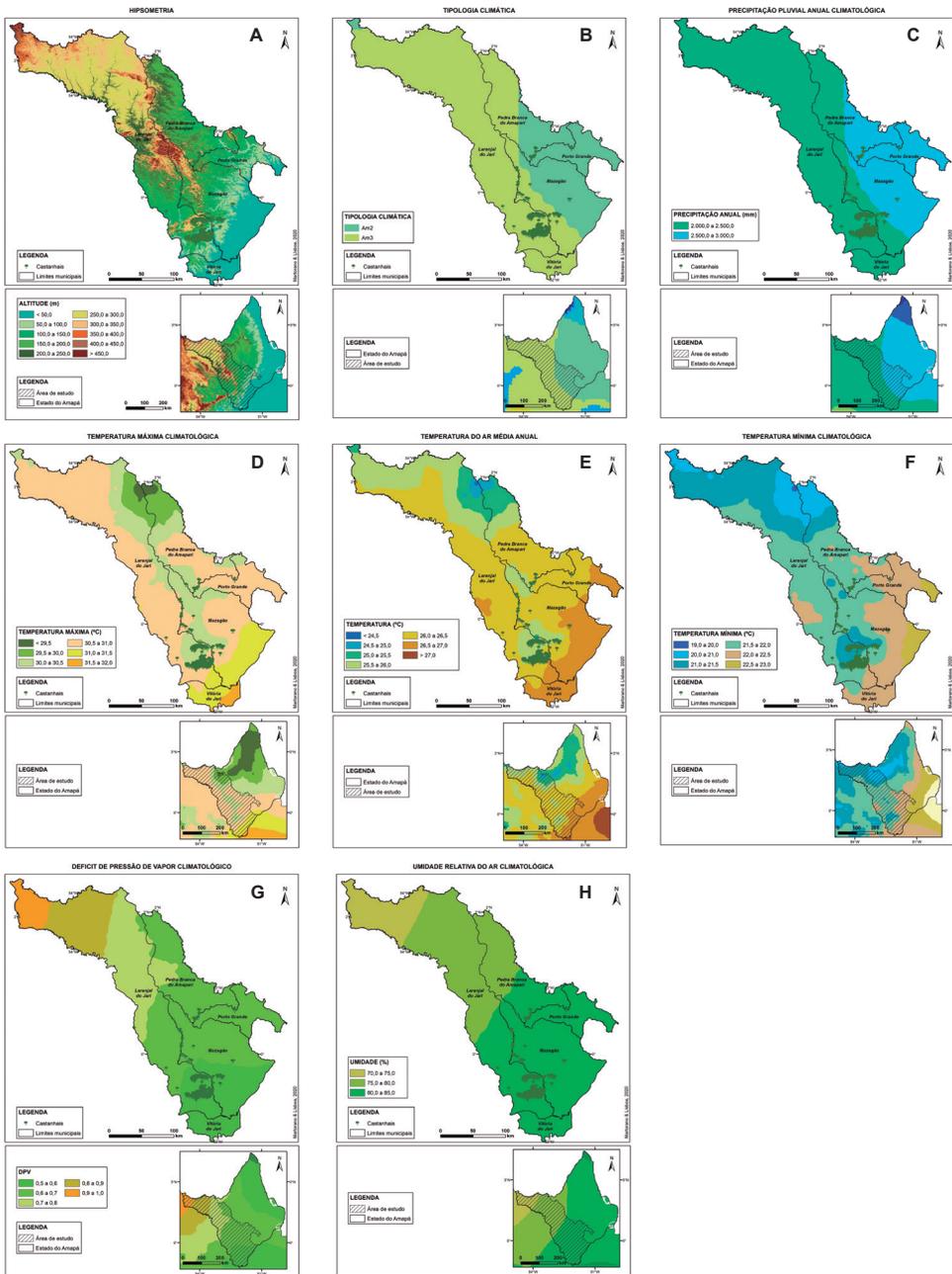


Figura 12. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia no Amapá, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

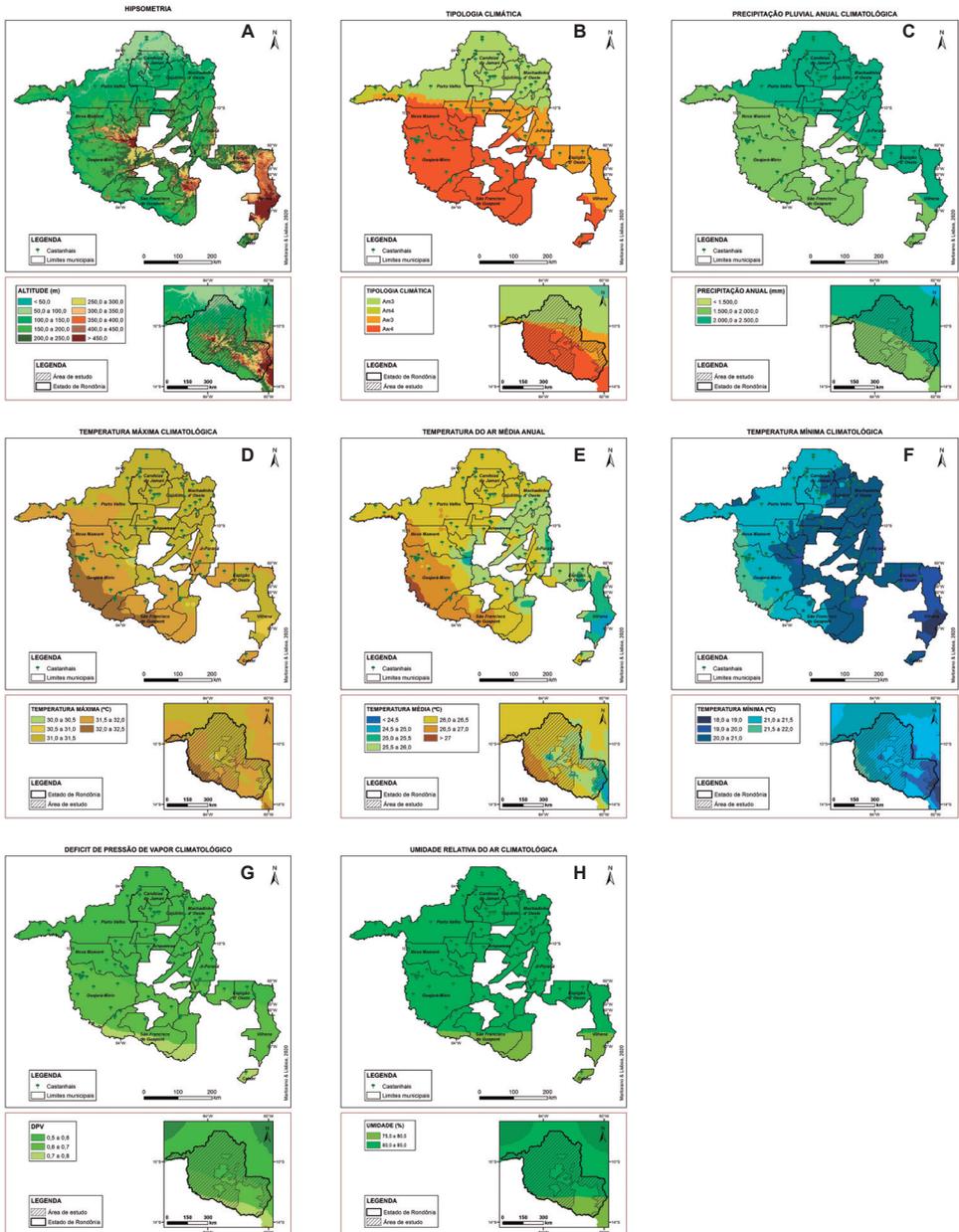


Figura 13. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia em Rondônia, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

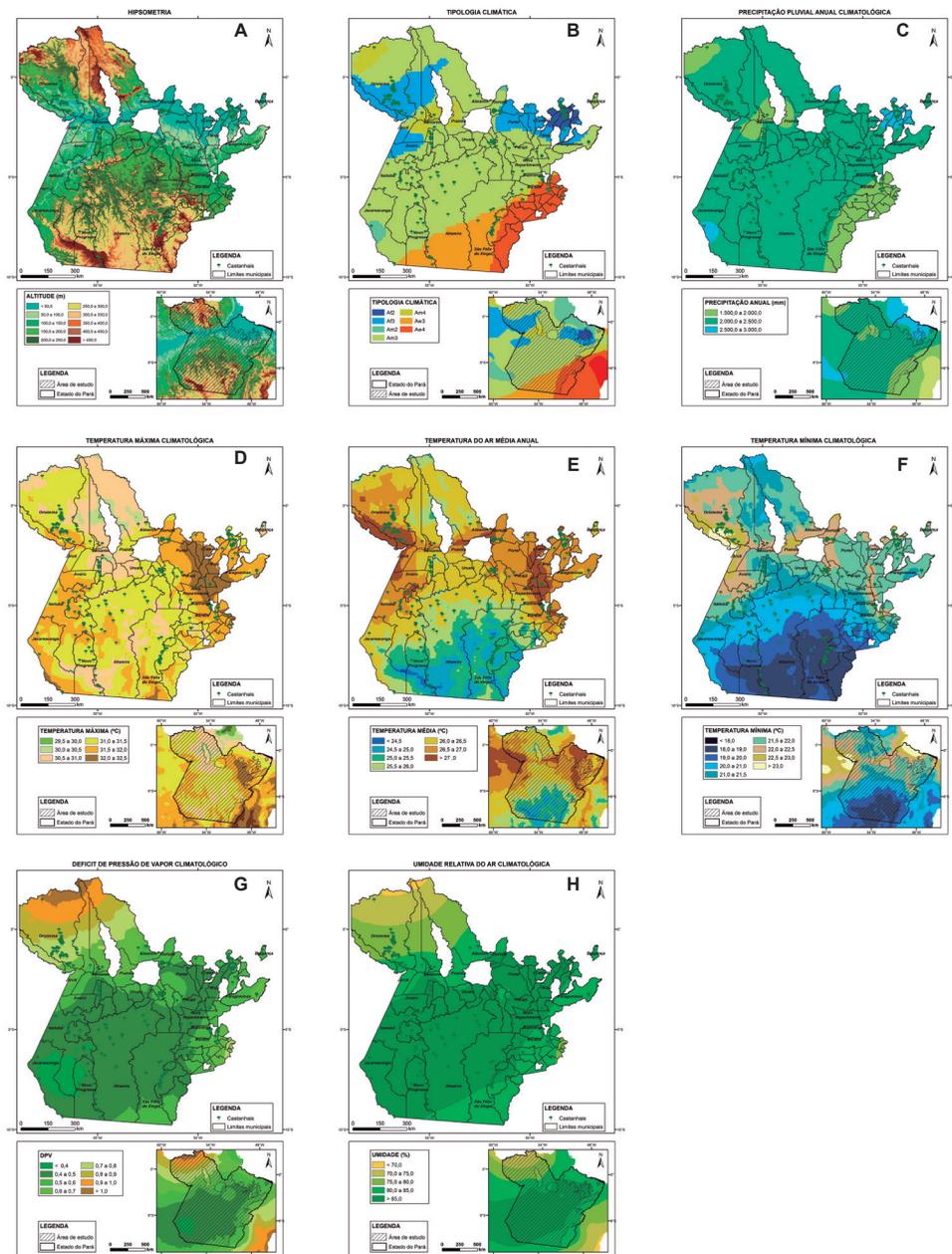


Figura 14. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia no Pará, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

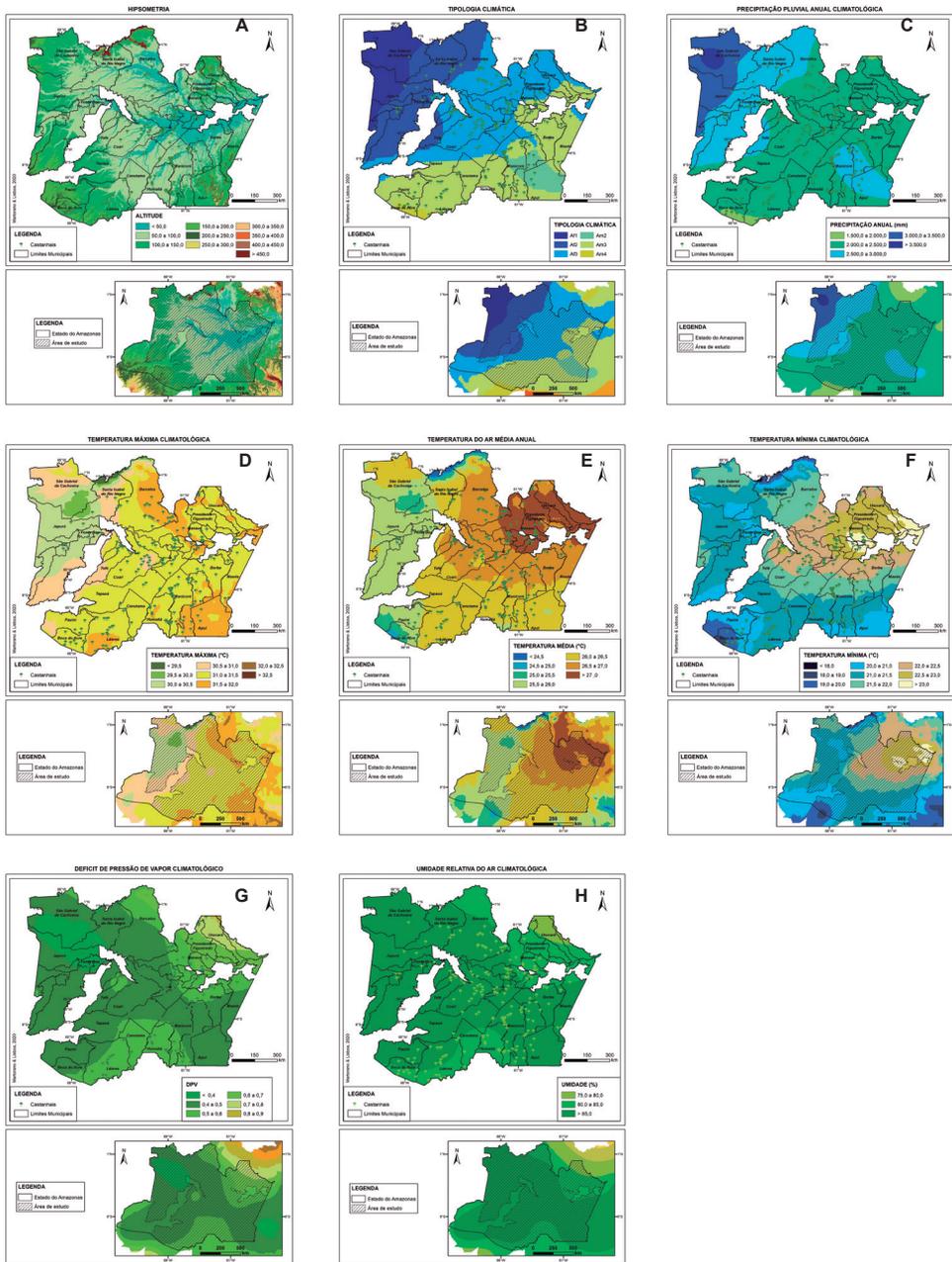


Figura 15. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia no Amazonas, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

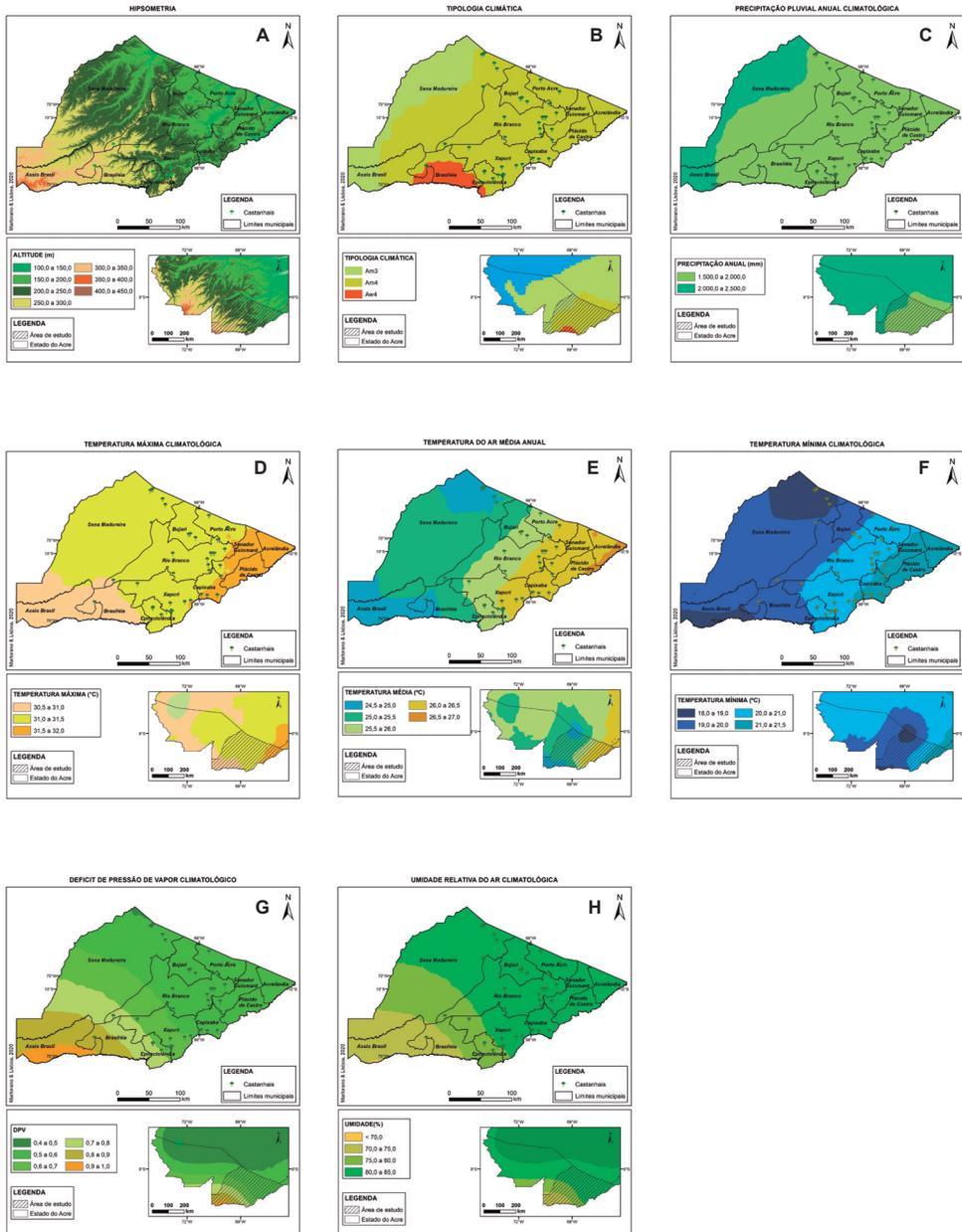


Figura 16. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia no Acre, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

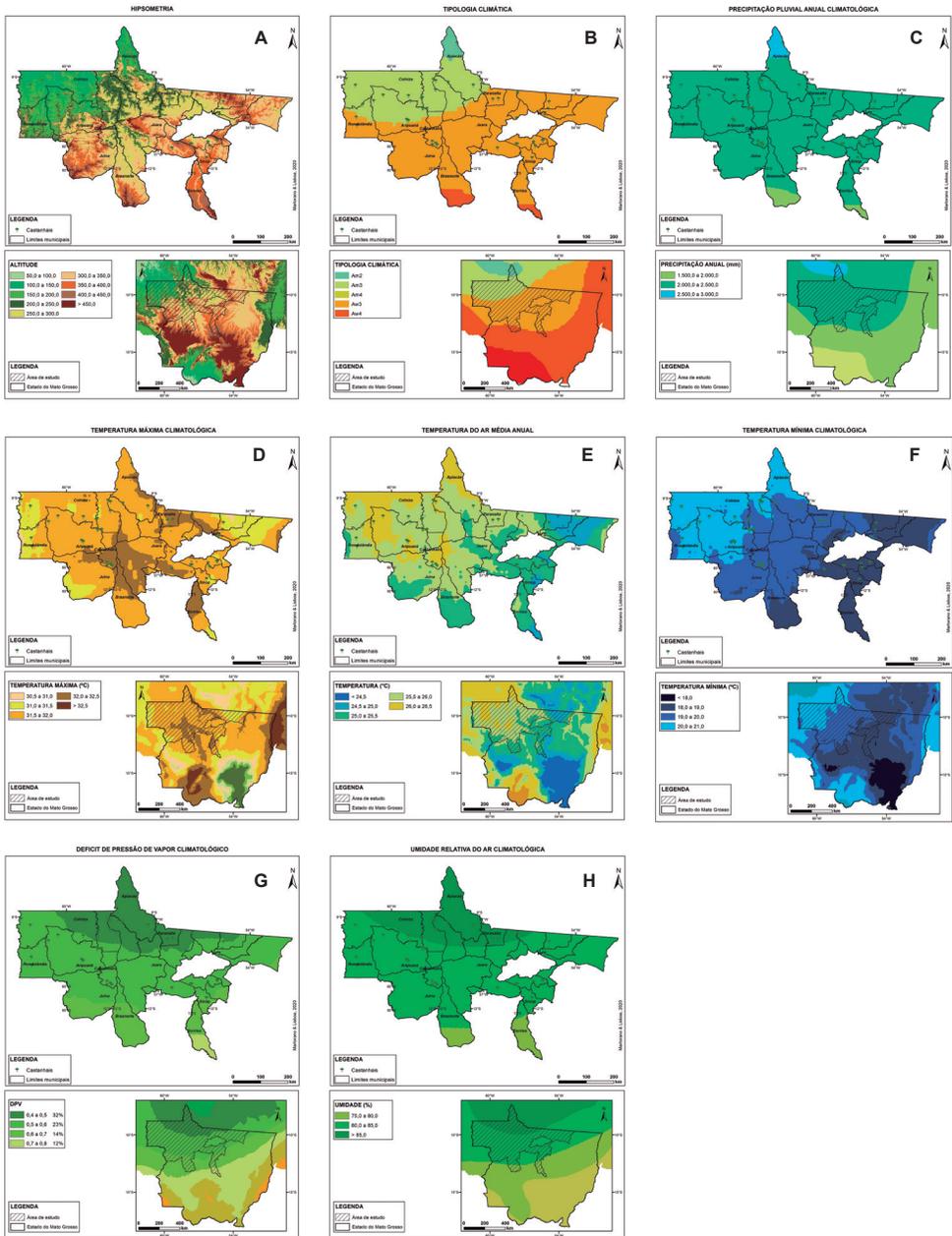


Figura 17. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanheira-da-amazônia no Mato Grosso, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

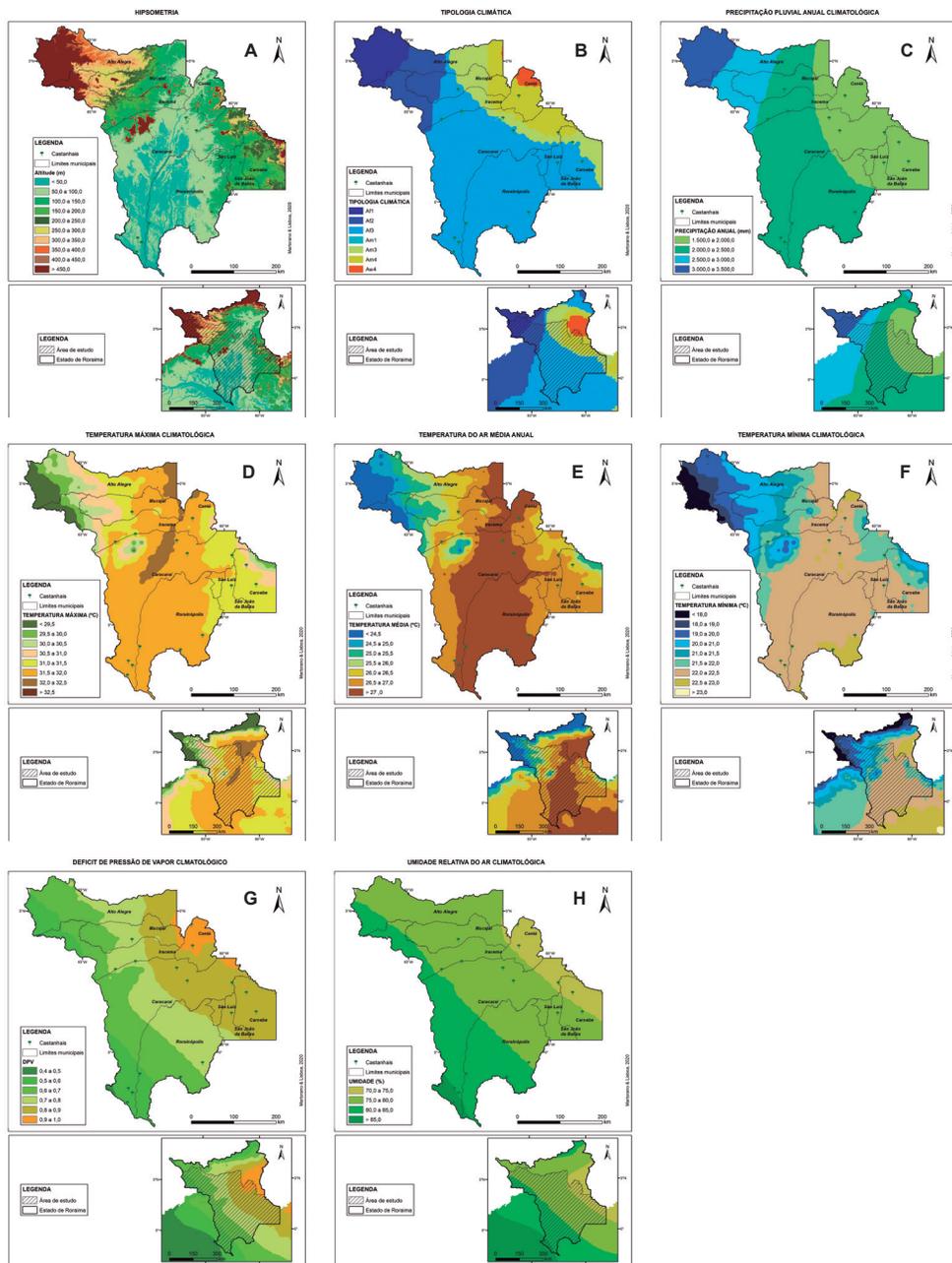


Figura 18. Condições topoclimáticas analisadas com base em ocorrências de castanha-da-amazônia em Roraima, na Amazônia Legal.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do IBGE e do Projeto MapCast.

Considerações finais

Diante do levantamento das características de solos, vegetação e clima, verifica-se que a castanheira-da-amazônia apresenta alta plasticidade ambiental, ocorrendo em diferentes condições que favorecem a sobrevivência e a perpetuação da espécie no bioma Amazônia.

Porém, predominantemente, os castanhais nativos na Amazônia brasileira ocorrem em áreas onde predominam as classes dos argissolos e latossolos. Todavia, é importante destacar que em Mato Grosso se observa uma grande expressão dos castanhais em áreas de neossolos, totalizando em 20% das ocorrências mapeadas. A tipologia vegetal de maior expressão da presença de castanheiras está em áreas de floresta ombrófila; nos estados do Acre, Amapá, Amazonas e Pará a área de ocorrência dos castanhais é superior a 70%, enquanto que em Mato Grosso correspondem a 50% nas áreas de floresta ombrófila. A maioria dos castanhais ocorre em cotas altimétricas inferiores a 200 m, contabilizando valores de precipitação pluvial anual variando entre 1,5 mil e 2,5 mil milímetros. Analisando-se as condições térmicas em termos de média anual, foram detectados 86,1% das ocorrências nas faixas de 25,5 °C a 26,5 °C, bem como em áreas com temperatura média superior a 27,0 °C. Nas faixas entre 24,5 °C e 25,5 °C e entre 26,5 °C e 27,0 °C, estão concentrados 13,9%, apontando possíveis restrições à ocorrência de castanheiras-da-amazônia e umidade do ar variando entre 75% a 85%.

Por ser uma espécie longeva, emergente na floresta e de grandes dimensões (tronco e copa), é possível que os ambientes atuais de ocorrência, especialmente a tipologia florestal, sejam consequência do estabelecimento de castanhais nativos, não a causa de esses-serem observados nesses ambientes.

Referências

- ALMEIDA, J. A.; CAMPOS, M. L.; FERREIRA, E. R. N.; GATIBONI, L. C. Formas de alumínio em solos do Acre. In: SILVA, L. M.; ANJOS, L. H. C.; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G.; WADT, P. G. S. (ed.). **IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**: solos de formações sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa. Brasília, DF: Embrapa, 2019.
- AMARAL, E. F. **Estratificação de ambientes para gestão ambiental e transferência de conhecimento, no estado do Acre, Amazônia Ocidental**. 2007. 200 f. Tese (Doutorado em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARDALES, N. G.; MOURA, D. C. S.; SILVA L. M.; WADT, L. H. O. Levantamento semidetalhado e classificação de solos no Seringal Filipinas, Epitaciolândia, Acre. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO – SOLOS NOS BIOMAS BRASILEIROS: SUSTENTABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 33., 2011, Uberlândia, Minas Gerais. **Anais....** Minas Gerais: SBCS, 2011. p. 1-4.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha NA.20**

Boa Vista e parte das folhas NA.21, Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1975, 428 p. (Levantamento de recursos naturais, 8).

COTTA, J. N.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Shifting cultivation effects on Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 1-2, p. 28-35, July 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.026>.

COOPER, M.; MENDES, L. M. S.; SILVA, W. L. C.; SPAROVEK, G. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. **Soil Science Society America Journal**, v. 69, n. 3, p. 649-652, May 2005. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0140>.

COSTA, F. F. **Ocorrência e estrutura vertical de florestas com castanheiras na Amazônia brasileira.** 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá.

COSTA, M. G.; TONINI, H.; MENDES FILHO, P. Atributos do solo relacionados com a produção da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20150042, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.004215>.

CUNHA, G. O. M.; ALMEIDA, J. A.; TESTONI, S. A.; BARBOZA, B. B. Formas de alumínio em solos ácidos brasileiros com teores excepcionalmente altos de Al³⁺ extraível com KCl. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1362-1377, set./out. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150017>.

FERREIRA, R. R. M.; BARDALES, N. G.; SILVA, L. M.; MIQUELONI, D. P.; WADT, L. H. O. **Levantamento de solos semidetalhado sob crescimento de castanhal nativo na região leste do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2017. 30 p. (Embrapa Acre. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 57). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1087703>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GOMES SOBRINHO, T. R. **Estrutura, funcionamento e evolução das paisagens cobertas por savanas na reserva extrativista do Rio Cajari-AP, Amazônia Oriental, Brasil.** 2017. 315 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia: Tratamento da Informação Espacial, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GUEDES, M. C.; OLIVEIRA, R. C.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; SILVA, K. E. Classificação do solo e relação com densidade e produção de castanheiras na Amazônia Oriental. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 36., 2017, Belém, Pará. **Anais...** Pará: SBCS, 2017. v. 1, p. 1-3.

GUERREIRO, Q. L. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; SANTOS, G. R.; RUIVO, M. L. P.; BELDINI, T. P.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, K. E.; GUEDES, M. C.; SANTOS, P. R. B. Spatial variability of soil physical and chemical aspects in a Brazil nut tree stand in the Brazilian Amazon. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 237-250, Jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11766>.

IBGE. Tabela 289 – Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo. **Sidra**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>>. Acesso em: jun. 2020a.

IBGE. **Banco de Dados de Informações Ambientais**: pedologia. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: 24 ago. 2020b.

IBGE. **Banco de Dados de Informações Ambientais**: vegetação. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/vegetacao>. Acesso em: 25 set. 2020c.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normas Climatológicas do Brasil**. Brasília, DF, 2009.

KAINER, K. A.; WADT, L. H. O.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 250, n. 3, p. 244-255, Oct. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.024>.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; SOUZA, V. F.; MACEDO, R. S. **Crescimento em diâmetro de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) cultivada em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 4 (Embrapa Rondônia. Circular técnica, 79). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/859445>. Acesso em: 25 set. 2020

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L. S.; ESPÍRITO SANTO, J. M. do; ALMEIDA, R. F. Top-bioclimate conditions associated with the natural occurrence of two Amazonian tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil. In: VILLACAMPA, Y.; BREBBIA, C. A. (ed.). **Ecosystems and sustainable development VIII**. United Kingdom: WITPress, 2011. p. 111-122. (WIT transactions on ecology and the environment, v. 144). DOI: 10.2495/ECO110101.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; NECHET, D. Tipologia climática do estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n. 45-46, p. 307-312, 1993.

MARTORANO, L. G.; VITORINO, M. I.; SILVA, B. P. P. C.; MORAES, J. R. DA S. C.; LISBOA, L. S.; SOTTA, E. D.; REICHARDT, K. Climate conditions in the eastern amazon: rainfall variability in Belem and indicative of soil water deficit. **African Journal Agricultural Research**, v. 12, 89683AE64419, p. 1801-1810, May 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11801>.

MARTORANO, L. G.; GUEDES, M. C.; WADT, L. H. de O.; REALE, F.; TOURNE, D.; MARTORANO, P.; SILVA, K. E. da. Ecosystem services provided by *Bertholletia excelsa* in the Brazilian Amazon. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, e201902043, p. 533, 2019. Special issue. Abstracts of the XXV IUFRO World Congress, 2019.

MYERS, G. P.; NEWTON, A. C.; MELGAREJO, O. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management**, v. 127, n. 1-3, p. 119-128, Mar. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00124-3).

MARANHÃO (Estado). Secretaria de Estado de Turismo. **Amazônia maranhense**. Disponível em: <https://www.turismo.ma.gov.br/amazonia-maranhense/#:~:text=A%20Floresta%20Amaz%C3%B4nica%20no%20estado,e%20alcan%C3%A7a%20a%20cidade%20Carolina>. Acesso em: 25 nov. 2020.

NEVES, C. A. A castanheira do Pará. **Revista de Agricultura**, v. 13, n. 10/12, p. 462-76, 1938. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v13i10-12.1742>.

- OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; MELEM JUNIOR, N. J.; GUEDES, M. C.; GUERREIRO, Q. L. M.; GUIMARÃES, Y. B. P. C.; ARAÚJO, D. M. F.; FERREIRA, N. S.; MORAES, A. S. **Caracterização dos solos sob castanhais na região sul do estado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2021. 34 p. (Embrapa Amapá. Documentos, 106; Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 459). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131006>. Acesso em: 25 set. 2021.
- PAIVA P. M.; GUEDES, M. C.; FUNI, C. Brazil nut conservation through shifting cultivation. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 3, p. 508 -514, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.11.001>
- PANISSET, J. S.; LIBONATI, R.; GOUVEIA, C. M. P.; MACHADO-SILVA, F.; FRANÇA, D. A.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L.F. Contrasting patterns of the extreme drought episodes of 2005, 2010 and 2015 in the Amazon Basin. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 1096-1104, Feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5224>.
- PICANÇO, A.; SOUSA, M. A.; EULER, A. M. C. **Projeto Carbono Cajari**: mapeamento dos castanhais: relatório de pesquisa. Macapá: Programa Petrobras Ambiental, 2014. 15 p.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-77862010000200004>.
- RONCHAIL, J.; GALLAIRE, R. ENSO and precipitation along the Zongo valley (Bolívia) from the altiplano to the Amazon basin. **International Journal Climatology**, v. 26, n. 9, p. 1223-1236, July 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1296>.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SPERA, S. T.; MAGALHÃES, C. A. S.; BALDONI, A. B.; CALDERANO, S. B. Caracterização pedológica de locais de estudo de populações naturais de castanheira-do-brasil no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 7, n. 2, p. 145-161, mar./abr. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6502>.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N.; TEIXEIRA, W. G.; VALE JR., J. F.; SOUZA, K. W.; CORRÊIA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; AMARAL, E. F.; CAMPOS, M. C. C.; RUIVO, M. L. P. Solos da região amazônica. In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Pedologia: solos dos biomas brasileiros**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017.
- STEEGE, H. ter.; PITMAN, N.; SABATIER, D.; CASTELLANOS, H.; HOUT, P. V. D.; DALY, D. C.; SILVEIRA, M.; PHILLIPS, O.; VASQUEZ, R.; ANDEL1, T. V.; DUIVENVOORDEN, J.; OLIVEIRA, A. A.; EK, R.; LILWAH, R.; THOMAS, R.; ESSEN, J. V.; BAIDER, C.; MAAS, P.; MORI, S.; TERBORGH, J.; VARGAS, P. N.; MOGOLLÓN, H.; MORAWETZ, W. A spatial model of tree α -diversity and density for the Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 2255-2277, Nov. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024593414624>.
- THOMAS, E.; ALCÁZAR CAICEDO., C.; LOO, J.; KINDTIII, R. The distribution of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, v. 9, n. 2, p. 267-291, ,aio/ago. 2014. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v9i2.525>.
- TONINI, H.; BALDONI, A. B. Estrutura e regeneração de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em castanhais nativos da Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 607-621, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509822112>.

TONINI, H.; BORGES, R. A. **O extrativismo da castanha-do-brasil na região do baixo Rio Branco (RR)**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2010. 19 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 39). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/889206>. Acesso em: 20 set. 2020.

TONINI, H.; INAVOV, G. B.; FLEIG, F. D. Fatores edafoclimáticos relacionados à produção de sementes em castanhais nativos de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701553>.

TOURNE, D. C. M.; BALLESTER, M. V. R.; JAMES, P. M. A.; MARTORANO, L. G.; GUEDES, M. C.; THOMAS, E. Strategies to optimize modeling habitat suitability of *Bertholletia excelsa* in the Pan-Amazonia. **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 22, p. 1-16, Nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5726>.

WADT, L. H. O.; SANTOS, L. M. H.; MAROCCOLO, J. F.; REGO, D. S. G.; SILVA, K. E. **Panorama geral da produção extrativista de castanha-da-amazônia no estado de Rondônia**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2019. 39 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 166). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1112174>. Acesso em: 20 set. 2020.

WADT, L. H. O. **Potencial florestal de produtos não madeireiros prioritários do estado do Acre castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*)**. In: ACRE (Estado). Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico do Acre fase II: documento síntese**. Escala 1 : 250.000. Rio Branco, AC: Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico-Sustentável, 2006.

ZUIDEMA, P. A. **Demography and management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*)**. Riberalta: Promab, 2003. 111 p. (Promab Scientific Series, n. 6).