

Vulnerabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas: Análise de Agricultores da Bacia Hidrográfica do Rio das Contas

Victor Gaston Nogueira | Elizângela Aparecida dos Santos | Dênis Antônio da Cunha

ANEXO

A1. MODELO HEDÔNICO

No modelo de Van Passel, Massetti e Mendelsohn (2017) cada agricultor escolhe o que vai produzir ($Q_{i,j}$) e a quantidade de insumos que utilizará ($X_{i,k}$) visando a maximização de suas receitas líquidas (NR_i) a cada ano com base nos preços dados e fatores exógenos. Essa relação está descrita na equação a seguir:

$$NR_i = \sum_j P_j Q_{i,j}(X_{i,k}, Z_i) - \sum_k M_k X_{i,k} \quad (A1)$$

em que P_j é o preço de cada produto j , $Q_{i,j}$ representa a quantidade de produto j produzido pela fazenda i , $X_{i,k}$ é um vetor dos insumos adquiridos (sem incluir a terra), M_k é o vetor dos preços dos insumos e Z_i é vetor das variáveis exógenas de cada agricultor analisado, que inclui características edafoclimáticas e socioeconômicas.

O valor das terras agrícolas (V_i) nesse modelo pode ser considerado como igual ao valor presente da receita líquida futura:

$$V_i = \int_t^{\infty} NR_t e^{-\phi t} dt \quad (A2)$$

em que ϕ é a taxa de desconto.

Em seu trabalho seminal, Mendelsohn, Nordhaus e Shaw (1994) explicam que “valores da terra proporcionam uma melhor medida de análise dos efeitos do clima, pois refletem a expectativa de receita líquida em muitos anos, considerando que a terra é sempre utilizada para a atividade mais lucrativa”. Ao mesmo tempo, segundo Schlenker, Hanemann e Fisher (2005), pode-se afirmar que mudanças nos custos de produção e receitas futuras serão expressos pelos valores futuros da terra, da mesma forma que os custos de produção/receitas passadas foram capitalizados nos valores da terra passados. Dessa forma, o valor da terra representa uma variação intertemporal da equação (A1). Como complemento a esse raciocínio, Van Passel, Massetti e Mendelsohn (2017) explicam que, a partir da análise dos resultados de um grande grupo de agricultores sob variadas condições socioeconômicas e edafoclimáticas, pode-se afirmar que o valor das terras agrícolas (V_i) é determinado, portanto, exclusivamente por variáveis que representam seus principais atributos:

$$V_i = f(Z_i) \quad (A3)$$

Assim, com base no modelo de Mendelsohn, Nordhaus e Shaw (1994) e Van Passel, Massetti e Mendelsohn (2017), constrói-se o seguinte modelo para cada agricultor i :

$$V_i = \alpha + \beta_C C_i + \eta E_i + \xi D + u_i \quad (A4)$$

em que C é o vetor que representa variáveis climáticas (dimensão exposição); E é um conjunto de variáveis de controle exógenas, que podem incluir variáveis socioeconômicas ou geográficas (dimensões sensibilidade e capacidade adaptativa); D é um conjunto de efeitos fixos de cada localidade, para eliminar a influência de diferentes políticas locais; e u_i é o termo de erro aleatório que se supõe não estar correlacionado com o clima.

No caso do presente trabalho foi construída uma equação similar, em que as variáveis explicativas são aquelas que caracterizam as três dimensões do conceito de vulnerabilidade, descritas na Tabela A1, e escolhidas com base nos estudos de Mendelsohn, Nordhaus e Shaw

(1994), Lindoso et al. (2014) e Van Passel, Massetti e Mendelsohn (2017) e a variável dependente foi o logaritmo do valor da terra. Para manter a coerência teórica do conceito utilizado na pesquisa, as variáveis relativas à sensibilidade e exposição foram construídas no sentido de afetarem negativamente o valor da terra, ou seja, aumentando a vulnerabilidade, ao passo que as de capacidade adaptativa seguiram lógica inversa, reduzindo a vulnerabilidade. Espera-se que uma propriedade que esteja mais vulnerável às mudanças climáticas possua valor mais baixo, já que, como dito anteriormente, o valor da terra está ligado à suas principais características.

Por fim, ressalta-se que, segundo o artigo seminal de Mendelsohn, Nordhaus e Shaw (1994), o modelo Hedônico é capaz de implicitamente considerar a pressuposição de que sempre que as alterações no clima tornem decrescentes os lucros dos agricultores, o produtor racional investirá em alguma estratégia de adaptação, alterando suas técnicas ou praticando outras formas de exploração agrícola. Dessa forma, a “direção da adaptação” não é relevante, já que o agricultor se adapta para (tentar) reduzir perdas ou (tentar) ganhar mais e os custos de transação estão embutidos no preço final da terra. Por fim, deve-se lembrar que os mercados de terra no Brasil se distanciam da concorrência perfeita, como pressupõe o modelo Hedônico. Essa limitação, em última instância, poderia levar à subestimação do efeito da adaptação implícito no modelo.

Tabela A1 – Variáveis utilizadas no modelo Hedônico e no cálculo dos subíndices

Atributo da Vulnerabilidade	Descrição da Variável
Sensibilidade (S)	Possui renda de atividade não agrícola
	Número de residentes dependentes da renda gerada
	Produção em Sequeiro
	Seguro de exploração agrícola
	Acesso a fonte de água no próprio estabelecimento
Exposição (E)	Disposição a alterar práticas agrícolas
	Número máximo de <i>dias secos consecutivos</i> (Precipitação < 1,0 mm)
	Contagem anual de <i>dias secos</i> (Precipitação < 1,0 mm)
	Contagem anual de dias com <i>inundação</i> (Precipitação ≥ 20 mm)
Capacidade Adaptativa (CA)	Porcentagem de <i>dias quentes</i> (Temperatura > 90º percentil da distribuição municipal)
	Grau de Escolaridade
	Possui formação agropecuária
	Condição legal em relação à terra
	Recebimento de assistência técnica
	Acesso a crédito
	Participação em alguma associação ou sindicato
	Participação de algum projeto de irrigação

Nota: com base no estudo de Lindoso et al. (2014).

A2. ADAPTAÇÃO

Tabela A2 – Descrição das variáveis do modelo de adaptação (Probit) e a indicação teórica de cada determinante segundo modelo de Yohe e Tol (2002)

Descrição da Variável	Determinante
Parcela da renda oriunda de atividade agrícola	
Possui renda de atividade não agrícola	2
Condição legal em relação à terra*	
Localização (variável dummy que indica se o município está localizado na Caatinga**)	3 e 6
Acesso a crédito	
Grau de escolaridade	
Número de residentes dependentes da renda gerada	4
Participação em alguma associação ou sindicato	
Participação em algum projeto de irrigação	5
Possui formação agropecuária	
Recebimento de assistência técnica	7
Subíndice de Exposição	
Percepção do agricultor a respeito das mudanças climáticas e efeitos sobre as atividades agrícolas	8

Notas: (*) Se é o proprietário da terra ou não; (**) A Caatinga foi escolhida por ser a região mais pobre da bacia, com as maiores restrições de recursos socioeconômicos e condições naturais mais restritivas.

A3. PRESOS DAS VARIÁVEIS DOS SUBÍNDICES DE SENSIBILIDADE, EXPOSIÇÃO E CAPACIDADE ADAPTATIVA E RESULTADOS DO MODELO HEDÔNICO

Tabela A3 – Pesos das variáveis dos subíndices de sensibilidade, exposição e capacidade adaptativa*

Atributo da Vulnerabilidade	Descrição da Variável	Coefficientes estimados/Pesos
Sensibilidade	Possui renda de atividade não agrícola	0.0380
	Número de residentes dependentes da renda gerada	0.0114
	Produção em Sequeiro	0.3655
	Seguro de exploração agrícola	0.0252
	Acesso a fonte de água no próprio estabelecimento	0.6604
	Disposição a alterar práticas agrícolas	0.2424
Capacidade Adaptativa	Grau de Escolaridade	0.0070
	Possui formação agropecuária	0.2791
	Condição legal em relação à terra	0.4236
	Recebimento de assistência técnica	0.1365
	Acesso a crédito	0.0890
	Participação em alguma associação ou sindicato	0.4046
Participação de algum projeto de irrigação	0.1169	
Exposição	Dias secos	0.0190
	Inundação	0.1446
	Dias quentes	0.0000
	Dias secos consecutivos	0.0382

(*) Refere-se ao módulo dos coeficientes estimados do modelo Hedônico.

Fonte: Resultados da Pesquisa

Tabela A4 – Coeficientes estimados do modelo Hedônico

Variáveis	Coeficiente	Erro padrão	Valor t	P-valor
Possui renda de atividade não agrícola	-0,0380	0,1698	-0,22	0,8230
Número de residentes dependentes da renda gerada	0,0114	0,0090	1,27	0,2040
Produção em Sequeiro	-0,3655	0,2013	-1,82	0,0700
Seguro de exploração agrícola	0,0252	0,3533	0,07	0,9430
Acesso a fonte de água no próprio estabelecimento	-0,6604	0,1961	-3,37	0,0010
Disposição a alterar práticas agrícolas	-0,2424	0,2049	-1,18	0,2380
Grau de Escolaridade	0,0070	0,0459	0,15	0,8790
Possui formação agropecuária	0,2791	0,1638	1,7	0,0900
Condição legal em relação à terra	0,4236	0,2400	1,76	0,0790
Recebimento de assistência técnica	-0,1365	0,1843	-0,74	0,4590
Acesso a crédito	-0,0890	0,1928	-0,46	0,6450
Participação em alguma associação ou sindicato	-0,4046	0,1798	-2,25	0,0250
Participação de algum projeto de irrigação	-0,1169	0,3693	-0,32	0,7520
Dias secos	-0,0190	0,0056	-3,37	0,0010
Inundação	-0,1446	0,0384	-3,77	0,0000
Dias quentes	0,0000	0,0000	-1,21	0,2270
Dias secos consecutivos	-0,0382	0,0100	-3,83	0,0000
Constante	983172,00	1378663,0000	7,13	0,0000

Notas: n=289 agricultores entrevistados; $F(17, 271) = 11,0$ (P-valor = 0,000); R^2 ajustado = 0,37. Foram realizados os seguintes testes de qualidade do ajustamento: teste de Jarque-Bera para normalidade dos resíduos do modelo, teste de White e teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg para Heterocedasticidade, teste RESET de Ramsey para erro de especificação em regressão.

Fonte: Resultados da Pesquisa

Testes da qualidade de ajustamento do modelo Hedônico

Teste de Jarque-Bera de normalidade dos resíduos do modelo Hedônico

Jarque-Bera normality test: 0,8626 Chi(2) 0,6497

Jarque-Bera test for Ho: normality: (res)

Teste de White para Heterocedasticidade do modelo Hedônico

White's general test statistic: 137,5628

Chi-sq(108) P-value = 0,0289

Teste de Breusch-Pagan para heterocedasticidade do modelo Hedônico

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of Invalor

chi2(1) = 7,79

Prob > chi2 = 0,0053

Teste RESET de Ramsey para erro de especificação em regressão do modelo Hedônico

Ho: model has no omitted variables

$F(3, 271) = 4.67$

Prob > F = 0.0034

A4. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Tabela A5 – Valores médios históricos (1985 a 2014 das variáveis do índice de exposição para os municípios da amostra

Municípios	Dias secos	Inundação	Dias quentes	Dias secos consecutivos
Abaíra	271,27	8,70	43,60	47,57
Anage	246,23	4,77	51,15	32,00
Jaguaquara	204,93	4,60	42,47	24,13
Aracatu	266,80	6,07	49,46	48,30
Barra da Estiva	257,57	4,50	34,97	42,47
Boa Nova	237,50	5,10	46,20	22,13
Mirante	237,50	5,10	46,20	22,13
Caetanos	237,67	6,23	39,38	21,53
Brumado	252,03	4,10	49,90	49,03
Caraíbas	255,43	4,73	44,87	39,60
Dom Basílio	261,27	4,67	36,95	47,23
Ibicoara	263,20	7,40	43,62	42,40
Ibirapitanga	187,13	8,93	44,90	27,70
Ilhéus	176,37	14,50	44,55	16,17
Itacaré	188,57	13,67	41,42	14,60
Ituaçu	270,77	4,70	46,10	58,03
Jequié	203,57	3,17	49,37	18,63
Jitaúna	193,50	4,50	31,14	17,00
Jussiape	268,00	5,33	41,77	46,13
Maracás	259,17	4,57	30,43	37,37
Livramento de Nossa Senhora	247,63	4,83	46,21	61,17
Manoel Vitorino	235,43	5,47	33,93	23,93
Piatã	259,33	3,83	31,79	57,83
Rio de Contas	270,40	8,23	44,05	47,93
Tanhaçu	261,00	4,07	40,76	54,87
Ubatã	178,73	8,97	32,30	12,27
Média regional	238,12	6,18	41,83	35,85

Nota: A variável “Dias quentes” é medida porcentagem anual, enquanto as demais em número de dias anuais.

Fonte: Terrestrial Hydrology Research Group (THRG).

Tabela A6 – População total dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio das Contas, Bahia

Município	População total (1000 habitantes)	Município	População total (1000 habitantes)
Abaira	8316	Itagibá	15193
Aiquara	4602	Itapitanga	10207
Almadina	6357	Itiruçu	12693
Anagé	25516	Itororó	19914
Apuarema	7459	Ituaçu	18127
Aracatu	13743	Jacaraci	13651
Aurelino Leal	13595	Jaguaquara	51011
Barra da Estiva	21187	Jequié	151895
Barra do Rocha	6313	Jitaúna	14115
Belo Campo	16021	Jussiapé	8031
Boa Nova	15411	Lafaiete Coutinho	3901
Bom Jesus da Serra	10113	Lagedo do Tabocal	8305
Boninal	13695	Lagoa Real	13934
Brumado	64602	Licínio de Almeida	12311
Caatiba	11420	Livramento de Nossa Senhora	42693
Caculé	22236	Maetinga	7038
Caetanos	13639	Malhada de Pedras	8468
Caetité	47515	Manoel Vitorino	14387
Camamu	35180	Maracás	24613
Cândido Sales	27918	Maraú	19101
Caraíbas	10222	Marcionílio Souza	10500
Coaraci	20964	Mirante	10507
Condeúba	16898	Mortugaba	12477
Contendas do Sincorá	4663	Mucugê	10545
Cordeiros	8168	Nova Canaã	16713
Dário Meira	12836	Nova Ibiá	6648
Dom Basílio	11355	Paramirim	21001
Érico Cardoso	10859	Piatã	17982
Firmino Alves	5384	Pindaí	15628
Floresta Azul	10660	Piraí do Norte	9799
Gandu	30336	Piripá	12783
Gongogi	8357	Planalto	24481
Guajeru	10412	Poções	44701
Ibiassucê	10062	Presidente Jânio Quadros	13652
Ibicoara	17282	Rio de Contas	13007
Ibicuí	15785	Rio do Antônio	14815
Ibirapitanga	22598	Rio do Pires	11918
Ibirataia	18943	Santa Cruz da Vitória	6673
Igrapiúna	13343	Tanhaçu	20013
Iguaí	25705	Tanque Novo	16128
Ilhéus	184236	Tremedal	17029
Ipiaú	44390	Ubaitaba	20691
Iramaia	11990	Ubatã	25004
Itacaré	24318	Urandi	16466
Itaeté	14924	Uruçuca	19837
Itagi	13051	Vitória da Conquista	306866

Nota: Os 26 municípios em negrito foram aqueles selecionados para a análise desse estudo.

Fonte: Atlas do desenvolvimento humano do Brasil.

Tabela A7 – Relação de números de produtores entrevistados por município

Município	Nº de Produtores entrevistados	Município	Nº de Produtores entrevistados
Abaira	10	Ituaçu	15
Anagé	17	Jaguaquara	9
Aracatu	9	Jequié	9
Barra da Estiva	17	Jitaúna	7
Boa Nova	7	Jussiape	9
Brumado	18	Livramento de Nossa Senhora	25
Caetanos	11	Manoel Vitorino	6
Caraíbas	10	Maracás	8
Dom Basílio	14	Mirante	6
Ibicoara	9	Piatã	17
Ibirapitanga	8	Rio de Contas	7
Ilhéus	12	Tanhaçu	11
Itacaré	11	Ubata	7

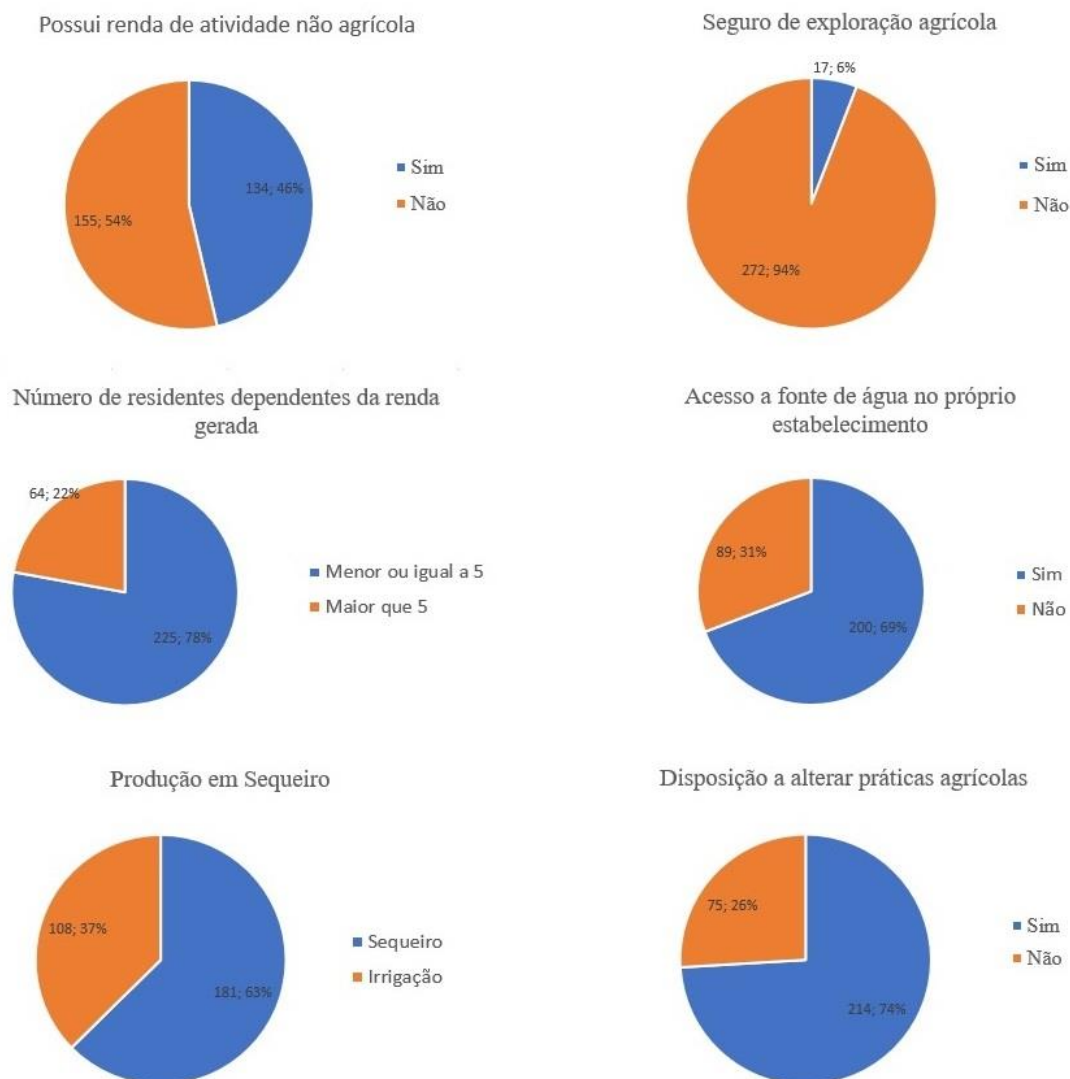
Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela A8 – Características socioeconômicas dos produtores entrevistados da bacia do Rio das Contas, BA

Características Socioeconômicas	Parcela (%)	Características Socioeconômicas	Parcela (%)
Idade (anos)		Produção Agrícola	
18 - 28	9,69	Feijão	36
29 - 39	16,96	Milho	29
40 - 49	19,38	Café	16
50 - 59	22,84	Cacau	14
60 - 69	20,41	Manga	10
70 - 79	8,99	Cana-de-açúcar	8
80 ou mais	1,73	Maracujá	8
Sexo		Banana	8
Feminino	17	Mandioca	7
Masculino	83	Pecuária	
Estado Civil		Aves	50
Solteiro	13,14	Bovinos	41
Casado	79,6	Suínos	25
Divorciado	2,42	Caprinos	5
Viúvo	2,42	Ovinos	7
Outro	2,42	Outros	4
Experiência (anos)		Número de dependentes da renda gerada na propriedade	
Menos de 1	0,35	1	6,92
Entre 1 e 5	6,23	Entre 1 e 5	58,48
Entre 5 e 10	7,96	Entre 5 e 10	29,41
Mais de 10	85,46	Mais de 10	5,19

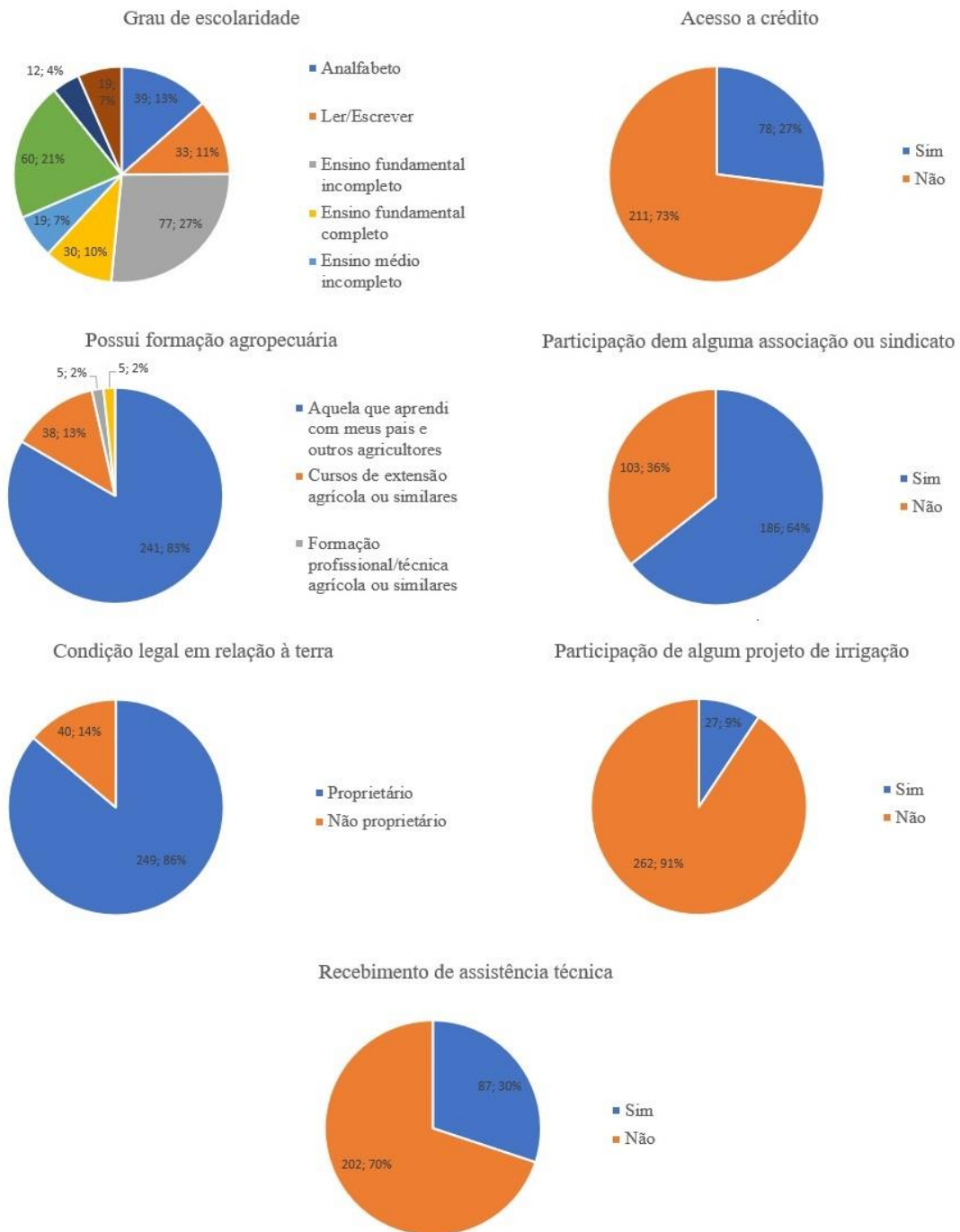
Fonte: Dados fornecidos por Carlos et al. (2020).

Figura A1 – Distribuição dos agricultores para cada variável da dimensão sensibilidade



Fonte: Dados fornecidos por Carlos et al. (2020).

Figura A2 – Distribuição dos agricultores para cada variável da dimensão capacidade adaptativa



Fonte: Dados fornecidos por Carlos et al. (2020).

A5. QUESTIONÁRIO

Questões do questionário de Carlos et al. (2020) utilizadas nessa pesquisa.

- Você desempenha alguma outra atividade diferente da agricultura e/ou pecuária para obtenção de renda, mesmo que seja atividade no meio urbano?
 Sim
 Não
- Quantas pessoas moram na propriedade e dependem da renda gerada?
- Você utiliza alguma forma de irrigação na sua produção?
 Sim
 Não
- Você possui algum tipo de seguro de exploração agrícola?
 Sim
 Não
- Qual a principal fonte de água que abastece a sua propriedade?
 Poço próprio
 Poço externo
 Recurso hídrico (rios/lagoas/outros) no Estabelecimento
 Recurso hídrico (rios/lagoas/outros) Externo
- Você está disposto a alterar suas formas de manejo da terra para combater os efeitos das mudanças climáticas?
 Sim
 Não
- Qual o seu grau de escolaridade?
 Analfabeto
 Ler/Escriver
 Ensino fundamental incompleto
 Ensino fundamental completo
 Ensino médio incompleto
 Ensino médio completo
 Ensino superior incompleto
 Ensino superior completo
- Que tipo de formação agropecuário possui?
 Aquela que aprendi com meus pais e outros agricultores
 Cursos de extensão agrícola ou similares
 Formação profissional/técnica agrícola ou similares
 Estudos universitários específicos. Qual graduação?

- Qual a sua condição legal em relação à terra?
 - Proprietário(a)
 - Comodatário(a)
 - Arrendatário(a)
 - Posseiro(a)
 - Parceiro(a)
 - Meeiro(a)
 - Uso coletivo
 - Outro: _

- A sua propriedade recebeu assistência técnica no último ano?
 - Sim
 - Não

- Você utiliza algum tipo de crédito para fomentar as atividades na propriedade?
 - Sim → Quanto (em R\$ nos últimos 12 meses): _____
 - Não

- Você participa de algum tipo de associação/sindicato?
 - Sim
 - Não

- Você participa de algum projeto público de irrigação?
 - Sim
 - Não

- Os comentários sobre mudanças climáticas têm afetado a sua forma de conduzir sua propriedade?
 - Sim
 - Não
 - Não sei, nunca ouvi falar disso

- Se você respondeu SIM para a questão anterior, de quais formas você tem alterado o manejo da sua propriedade?
 - Aumento do uso de irrigação
 - Utilização do plantio direto na palha
 - Rotação e diversificação de culturas
 - Integração lavoura-pecuária-floresta ou sistemas agroflorestais
 - Alteração nas datas de plantio
 - Alteração nas datas de colheita
 - Utilização de plantas transgênicas ou geneticamente melhoradas
 - Outras:

- Você acha que o clima está mudando a tal ponto que ele vai prejudicar a sua produção agrícola e/ou pecuária?
 - Sim, com certeza
 - Sim, talvez
 - Não, talvez não
 - Não, de modo nenhum
 - Não sei responder

- Qual percentual da sua renda depende da atividade agrícola e/ou pecuária?