



CENÁRIOS E PERSPECTIVAS DA CONECTIVIDADE PARA O AGRO

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



CENÁRIOS E PERSPECTIVAS DA CONECTIVIDADE PARA O AGRO

MISSÃO DO MAPA:
PROMOVER O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
DAS CADEIAS PRODUTIVAS AGROPECUÁRIAS,
EM BENEFÍCIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA

BRASÍLIA
MAPA
2021

© 2021 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Todos os direitos reservados. Permitida a reprodução parcial ou total desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é do autor.

1ª edição. Ano 2021

Elaboração, distribuição, informações:
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação - SDI
Departamento de Apoio à Inovação para Agropecuária - DIAGRO
Coordenação-Geral de Articulação para Inovação - CGAI
Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco D - andar, Sala 722
CEP: 70043-900 Brasília - DF
Tel.: (61) 3218-2787 e (61) 3218-3232
e-mail: inovacao.diagro@agricultura.gov.br

Coordenação Editorial – Assessoria Especial de Comunicação Social / MAPA

GPP/ESALQ/USP
Equipe Técnica: Adauto Brasilino Rocha Junior, Alberto Barreto, Arthur Fendrich, Gerd Sparovek, Giovani Gianetti, Marcela Almeida de Araújo, Pedro Coutinho, Rodrigo Maule, Sergio Paganini Martins, Simone B. Lima Ranieri.
Coordenação: Durval Dourado Neto

CGAI/DIAGRO/SDI-MAPA
Equipe Técnica: Alaércio Londe Silva, Daniel Trento do Nascimento, Isabel Regina Flores Carneiro, Sibelle de Andrade Silva.
Coordenação: Cleber Oliveira Soares

Crédito das imagens: Smart Sensing Brasil/ Fazendas Nova Geração - Chapadão do Céu – GO

Catalogação na Fonte

Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI
Dados internacionais de catalogação da Publicação (CIP)

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Cenários e perspectivas da conectividade para o agro / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília : MAPA/AECS, 2021.
Recurso: Digital
Formato: PDF
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-86803-45-7

1. Conectividade. 2. Conexão Meio Rural. 3. Banda Larga
meio rural. 4. Agricultura Digital. I. Secretaria de Inovação,
Desenvolvimento Rural e Irrigação. II. Título.

AGRIS C20

Kelly Lemos da Silva CRB1-1880

Abertura

A próxima década será marcada pela convergência do digital com o biológico, especialmente no setor agropecuário. O aumento na demanda por alimentos associada à celeridade da transformação digital nos diversos segmentos econômicos são exemplos claros de um futuro agro-bio-digital. A agricultura digital está promovendo uma rápida transformação no campo.

Como subsídios às formulações estratégicas no eixo agricultura digital, o MAPA encomendou e apresenta este estudo, elaborado por cientistas da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP). Trata-se do mapeamento e caracterização do estado da arte da conectividade por banda larga em modelo telecom no meio rural brasileiro.

Foram formulados dois cenários para conectividade no campo com modelo tecnológico de sinal 4G, 3G, 2G ou equivalentes, usando estrutura de torres e ou antenas de comunicação existentes (Cenário 1), e torres e antenas a serem construídas (Cenário 2). Para o cenário 1, existem 4.400 torres, sobre as quais precisam serem instaladas 4.400 antenas, projeta-se uma cobertura adicional de 25% da demanda de conectividade no campo, e um salto para pelo menos 48% de iluminação de sinal no território agrícola nacional. Para o cenário 2, são necessários serem instalados 15.182 conjuntos torre/antena, para se ter uma cobertura final de 90% da demanda de conectividade no campo.

Sobre o impacto da estratégia para estes cenários, para o cenário 1 prevê-se o incremento estimado de 4,5% sobre o Valor Bruto da Produção (VPB) agropecuária brasileira; enquanto para o cenário 2, estima-se o incremento de 9,6% ao VPB agropecuário. Considerando o ano de 2021, com o VPB projetado de R\$1,057 trilhão, a conectividade rural pelo modelo telecom contribuiria para o incremento de R\$ 47,56 bilhões e R\$ 101,47 bilhões, respectivamente, para o primeiro e segundo cenários.

Além da conectividade, outras camadas e aplicações do digital serão a alavanca para o novo agro. Por isso, promover ações em agricultura digital como ATER 5.0, levando conhecimento de assistência técnica e extensão rural aos produtores, bem como desenvolver plataformas e programas de internet das coisas no campo serão ações essenciais.

O pilar digital ampliará as conquistas da agropecuária e se soma com a vocação nacional para o agro sustentável. A agricultura digital é a base para se manter o compromisso com a ciência, a tecnologia, a inovação e o futuro.

O Brasil se consolidou como potência agroambiental mesmo com os desafios atuais enfrentados pela conectividade nos meios rurais. E, pode ir muito além, a partir da consolidação de uma hiper conexão no campo, e do campo com cidade, fundamentada em conhecimento e inovação.

Tereza Cristina Corrêa da Costa Dias

Ministra de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



APRESENTAÇÃO

Este estudo se concentrou em aprimorar a análise da cobertura por banda larga 4G no território nacional¹; desenvolver uma metodologia sobre a localização de áreas prioritárias para conectividade no meio rural, com diretrizes regionalizadas e direcionadas a diferentes perfis de produtores rurais; além de apresentar resultados sobre a modelagem de localização prioritária de novas antenas de transmissão de sinal 4G.

O documento está organizado em 4 capítulos. O capítulo 1 busca apresentar um panorama acerca dos avanços e gargalos sobre a conectividade no meio rural, sob o ponto de vista da oferta de banda larga. Esta análise é dividida em duas partes. A primeira faz um resgate da base legal e instrumentos criados pelo governo federal para promover a conectividade no meio rural, acrescida da análise do Tribunal de Contas da União – TCU em 2018 sobre a efetividade do Programa Nacional de Banda Larga – PNBL. A segunda traz resultados sobre a cobertura e qualidade da banda larga no meio rural, obtidos através da aplicação de diversos modelos, incluindo um mais robusto e que apresenta uma interpretação mais realista da influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. Cabe ressaltar que as recentes alterações na legislação (Lei 13.879 de 03 de outubro de 2019) também foram incorporadas nesse trabalho.

O capítulo 2 analisa a demanda por conectividade no meio rural, através da classificação do território brasileiro em áreas com características semelhantes quanto ao público-alvo (produtores rurais), considerando o tamanho das propriedades, a renda e o uso da terra. Essa tipificação do território culmina com o mapeamento da necessidade de direcionamento e priorização de ações para a ampliação da conectividade, podendo ser considerada uma abordagem inédita e aplicável para tomadas de decisão do governo federal no que diz respeito a políticas públicas para o setor. Os resultados dessas análises podem servir de base para a elaboração de novo Decreto com estabelecimento de áreas prioritárias de ação, atendendo às recomendações do TCU.

O capítulo 3 realiza, através de modelagem espacial, a estimativa de antenas necessárias para aumentar a conectividade no campo, incluindo a hierarquização das mais prioritárias. O processamento é baseado na combinação de (i) modelo de análise territorial (capítulo 2) de categorização das regiões com base em variáveis socioeconômicas e ambientais, (ii) modelo espacial de propagação de sinal de 4G e (iii) algoritmo de otimização de alocação de antenas com base no potencial de preenchimento de vazios, posicionamento topográfico e distância de infraestrutura instalada.

O capítulo 4 apresenta as considerações finais, que abordam a relevância da conectividade no meio rural não apenas do ponto de vista do estabelecimento rural, mas também como elemento essencial para o funcionamento das redes de cooperação e comercialização de

¹ Análise desenvolvida pelo Grupo de Políticas Públicas da ESALQ/USP, no âmbito do PCT IICA/BRA/02/2015 - Projeto de Cooperação Técnica Internacional para a Regionalização das Políticas de Desenvolvimento do Agronegócio e do Cooperativismo Brasileiros.

insumos e produtos, ao mesmo tempo que destaca a importância de se dispor de dados para um novo marco legal para as telecomunicações no Brasil.

Com o estudo, tem-se uma abordagem abrangente e insumos capazes de orientar políticas públicas que impulsionem o aumento a conectividade no meio rural, tornando-o protagonista de programas e projetos que alavanquem políticas mais assertivas sobre esse tema.

RESUMO EXECUTIVO

Esse estudo teve origem a partir de demanda do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) de analisar espacialmente o contexto da disponibilidade de conectividade (acesso à internet) no meio rural, visando ampliar o acesso dos produtores às inovações tecnológicas e promover a integração das diversas instituições que atuam para fomentar o desenvolvimento rural².

Primeiramente o estudo buscou apresentar um panorama acerca das iniciativas do governo federal em ampliar a oferta de banda larga no meio rural. Esta frente de trabalho esteve voltada ao resgate e análise da base legal e de instrumentos como a Lei Geral das Telecomunicações – LGT³, o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – FUST⁴, o Programa Nacional de Banda Larga – PNBL⁵, o Programa Brasil Inteligente⁶, o Programa Internet para Todos⁷ e o Decreto nº 9.612/2018, que substitui a PNBL e o Programa Brasil Inteligente. A análise mostrou que este arcabouço legal e outras medidas adotadas pelo governo federal, tais como o estímulo a investimentos do setor privado via isenções fiscais e redução de cargas tributárias, a estruturação da ANATEL para atuar como agente regulador e da Telebrás como responsável pela implantação da infraestrutura de telecomunicações, bem como a construção do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC) e seu lançamento em 2017, não foram suficientes para sanar lacunas de oferta de banda larga, especialmente no meio rural. Merece destaque a novíssima Lei nº 13.879 de 03 de outubro de 2019, que promove significativas alterações na LGT. Dentre as principais mudanças estão a transformação das atuais concessões (instrumento utilizado para a prestação de serviços em regime público) em autorizações (usada para a prestação de serviços em regime privado).

Resta claro que há carência de informações tanto sobre essas lacunas, quanto sobre áreas prioritárias para o estabelecimento de conectividade no campo, bem como de diretrizes de ação regionalizadas e direcionadas aos diversos públicos-alvo localizados no território rural. Esta conclusão também foi enfatizada na análise do Tribunal de Contas da União – TCU de 2018 sobre a efetividade do PNBL.

A partir da constatação desta grande demanda por informações sobre lacunas de oferta de banda larga no território, o estudo partiu para o teste de diversos modelos matemáticos espacialmente explícitos para mapeamento de áreas com ausência de sinal (cobertura de banda larga). Os testes evoluíram até que fosse adotado um modelo mais robusto e de alta demanda computacional⁸ (**Figura 1**) que apresentou uma interpretação mais realista da influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. Os resultados para a tecnologia 4G de telefonia móvel, mostraram discrepâncias na cobertura entre as regiões brasileiras, sendo as regiões Norte e Centro-Oeste as que apresentaram maior área sem cobertura de conexão em banda larga. Diferenças significativas também foram observadas entre os estados brasileiros.

² Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/02/2015 – “Projeto de Cooperação Técnica Internacional para a Regionalização das Políticas de Desenvolvimento do Agronegócio e do Cooperativismo Brasileiros”;

³ Lei nº 9.472/1997.

⁴ Lei nº 9.998/2000.

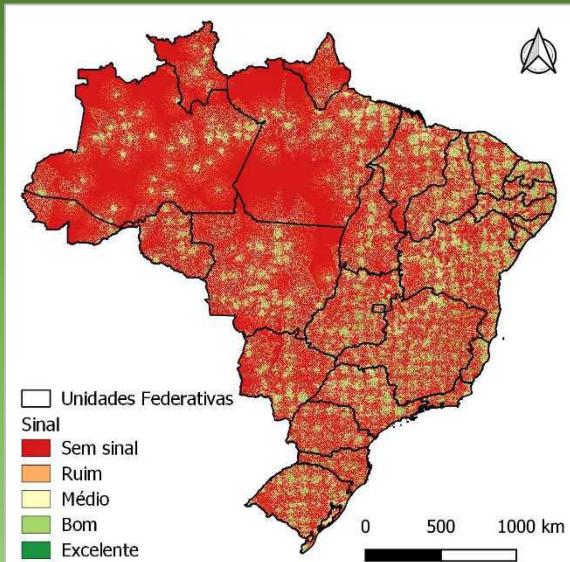
⁵ Decreto nº 7.175, de 12 de maio de 2010.

⁶ Decreto nº 8.776, de 11 de maio de 2016.

⁷ http://internetparatodos.mctic.gov.br/portal_ipt/opencms

⁸ A rotina computacional foi implementada dentro do cluster Euler - pesquisa desenvolvida com utilização dos recursos computacionais do Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), financiados pela FAPESP (proc. 2013/07375-0).

Figura 1. Resultado sobre conexão em banda larga (tecnologia 4G obtido pelo modelo mais robusto (ITM)

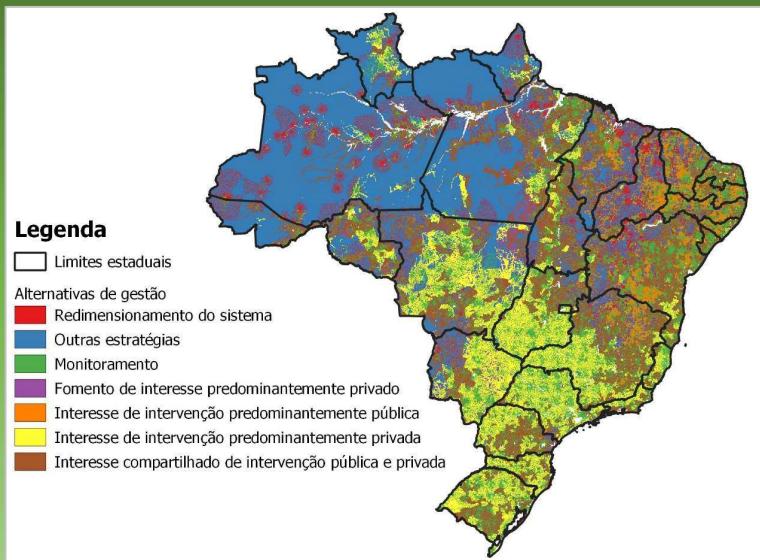


Tendo sanado essa lacuna de conhecimento sobre as áreas com e sem cobertura de sinal, o passo seguinte foi explorar o público-alvo (produtores rurais), caracterizando-o em perfis, de modo que fosse possível propor estratégias regionalizadas e prioridades para a ampliação da conectividade no meio rural. Isto porque diferentes públicos apresentam diferentes demandas por conectividade, bem como capacidade de utilização de serviços proporcionados pela internet. A análise dos diferentes públicos foi feita através de modelagem espacial, buscando apontar áreas geográficas com características semelhantes do

meio rural em termos de tamanho e densidade de propriedades rurais, renda (traduzida em Valor Adicionado Bruto – VAB) e segmento produtivo (agricultura ou pecuária).

Além desses parâmetros, os seguintes pressupostos foram considerados na modelagem das estratégias: a) grandes produtores - público com possibilidade de acesso à conectividade por iniciativa própria, cujo foco deve ser dado no aumento da produtividade via previsibilidade da produção (previsão de quebra de safra, acesso a seguro agrícola), automação dentro da porteira (agricultura de precisão, controle fitossanitário) e fora da porteira (rastreamento do produto até centros consumidores); b) agricultores familiares: público que, e sua maioria, necessita de conectividade fomentada via políticas públicas, cujo foco deve estar na inclusão digital via acesso à informação (incluindo educação e ATER virtual), controle da produção dentro da porteira (aplicativos para controle fitossanitário e monitoramento da produção), comunicação e organização econômica de produtores para a comercialização (acesso a mercados; redefinição de relações entre produtores, consumidores e pequenos varejistas; aumento do circuito de cadeias curtas; venda de produtos pela internet, formação de grupos de interesse, etc.); c) médios produtores: público que acompanha as tendências do entorno, sendo mais semelhantes ao perfil dos familiares ou dos grandes dependendo da região em que está inserido. Médios pouco eficientes (em geral vinculados à pecuária extensiva) são mais dependentes de ações de fomento governamental para conectividade no meio rural do que os mais eficientes inseridos em cadeias produtivas de alto valor agregado.

Figura 2. Mapa de orientação para gestão



Os resultados dessa análise foram traduzidos em classes territoriais, representadas por um mapa de orientação para gestão territorial (**Figura 2**).

Essas regiões são estratégicas e a solução para a conectividade nesses locais pode advir da combinação entre investimentos privados e o desenvolvimento de políticas públicas. Embora ainda preliminar, essa abordagem fornece dados relevantes e inéditos sobre o território

nacional, sendo considerada aplicável para a priorização territorial de ações. Os resultados dessas análises podem servir de base para a elaboração de novo Decreto com estabelecimento de áreas prioritárias de ação, atendendo às recomendações do TCU (2018).

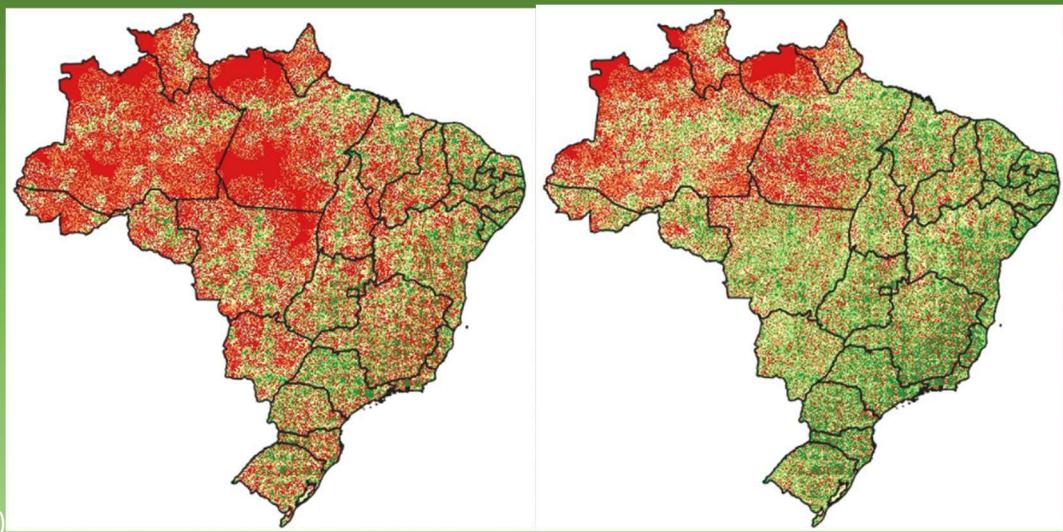
O estudo, que ainda terá novas fases, avançou na estimativa de antenas necessárias para aumentar a conectividade no campo, incluindo a hierarquização das mais prioritárias. O processamento foi baseado num algoritmo de otimização de alocação de antenas com base no potencial de preenchimento de vazios, posicionamento topográfico (que pode influenciar na existência de obstáculos entre transmissão-recepção) e distância de infraestrutura instalada (que pode influenciar nos custos). Foram priorizadas para a instalação de antenas as regiões de interesse público ou privado e removidas as áreas onde outras estratégias que não a transmissão por antenas é recomendada (Figura 2). A partir dessas premissas foi calculada a Necessidade de Conexão (NC)⁹ e as antenas foram ordenadas de forma decrescente em função do potencial de incremento de conectividade e em ordem crescente em função do custo potencial de instalação, sendo selecionadas as de maior potencial de incremento e menor custo potencial.

Dois cenários diferentes foram simulados. No Cenário 1, torres já existentes passam a ter antenas de tecnologia 4G instaladas. No Cenário 2, novas instalações são feitas no país, visando maximizar a conectividade rural. Os resultados indicaram que 4.400 torres já existentes (Cenário 1) podem contribuir para aumentar a conectividade no campo. Se consideradas em conjunto com mais 15.182 novas antenas (Cenário 2), a cobertura praticamente total do território rural com necessidade de conexão seria atingida.

⁹ NC foi obtida a partir de modelagem espacial baseada nas variáveis: i) tamanho e densidade de propriedades rurais; ii) renda (traduzida em Valor Adicionado Bruto – VAB); e iii) tipo de uso do solo (agricultura, pecuária ou vegetação).

A **Figura 3** exemplifica o acréscimo na conectividade esperado pela instalação de antenas nas 4.400 torres mais prioritárias (esquerda), mais a instalação de 15.182 novas antenas

Figura 3. Acréscimo na conectividade esperado pela instalação de antenas nas 4.400 torres mais prioritárias (esquerda), mais a instalação de 15.182 novas antenas (direita)



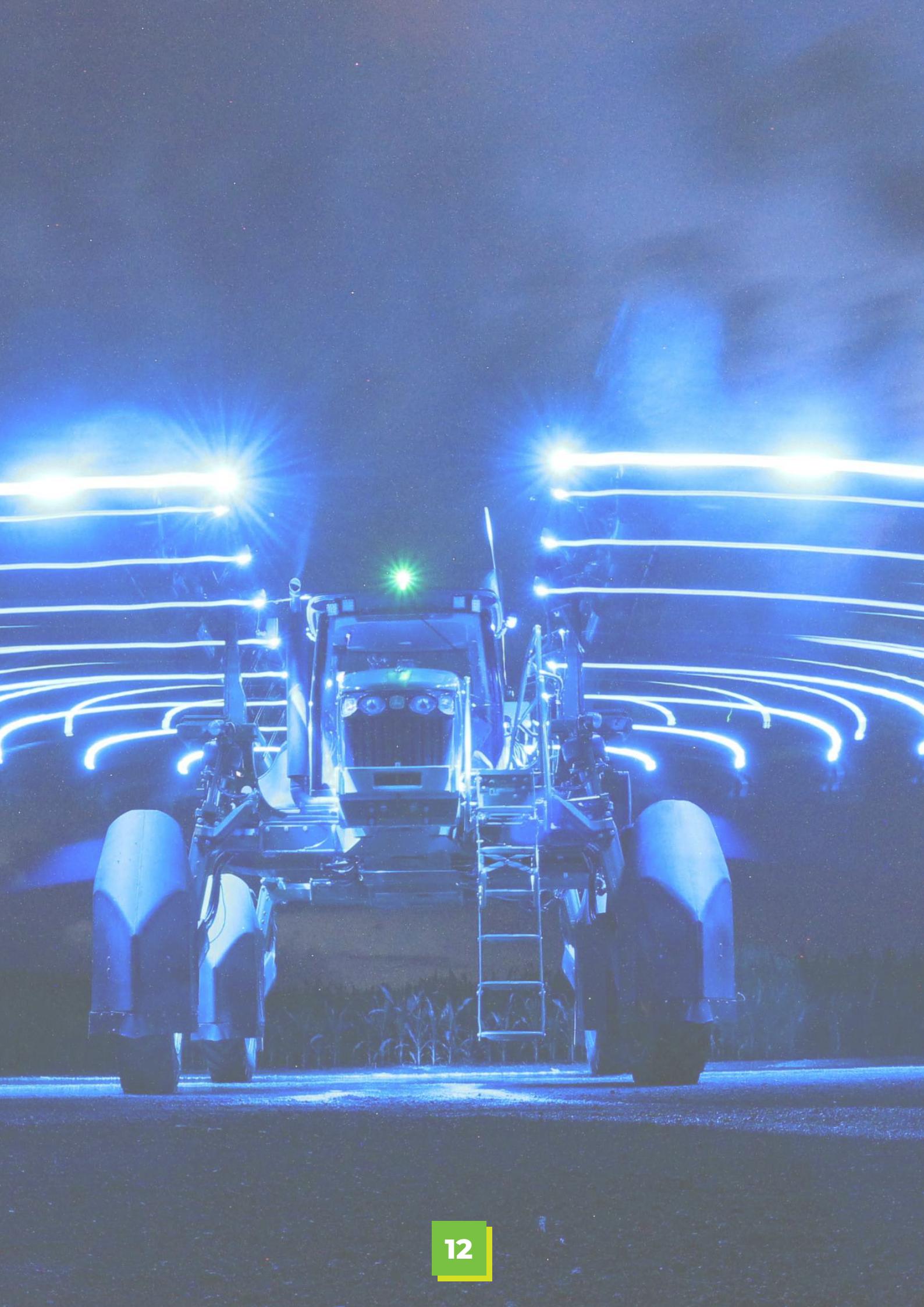
(direita).

Os cenários 1 e 2 também foram avaliados com relação ao seu potencial impacto sobre a produção agropecuária brasileira. Após neutralizar possíveis fontes de viés na análise, que são a disponibilidade de infraestrutura pré-existente (ex.: acesso à energia elétrica e à infraestrutura de armazenamento local) e as condições socioeconômicas do produtor (que afetam o nível educacional e acesso à ATER), a simulação do impacto dos dois cenários mostrou que o VBP da agropecuária brasileira em 2017 seria R\$21,09 bilhões maior (4.5% maior) caso fosse utilizada a capacidade ociosa de transmissão de 4.400 torres já existentes, e até R\$44,64 bilhões maior (9.6% maior) caso fosse utilizada a capacidade ociosa dessas torres e instaladas mais 15.182 novas torres. Esse impacto decorre do efeito do acesso à internet sobre a adoção de tecnologias mais produtivas nos estabelecimentos rurais, ou seja, a possibilidade de acessar informação permite que os produtores descubram e utilizem tecnologias mais adequadas à sua realidade.

A análise ainda demonstrou que a internet afetou o progresso tecnológico, mas não a eficiência produtiva, ou seja, a internet difunde tecnologia, mas não aumenta a capacidade dos indivíduos em usá-la adequadamente (diferente do ensino superior, ATER e infraestrutura).

Por fim, é fundamental levar em consideração que incrementos em produtividade resultantes da expansão do acesso à internet são permanentes, e geram ganhos cumulativos ao longo do tempo, representando poderoso instrumento de transformação da realidade econômica no meio rural brasileiro. Desse modo, a articulação de uma política de expansão à conectividade, em coordenação com as já existentes políticas de ATER e crédito rural, é comprovadamente um caminho próspero para o contínuo progresso da agropecuária brasileira.

Os avanços alcançados com a modelagem espacial desenvolvida superaram amplamente os resultados iniciais esperados, municiando o MAPA de informações e propostas para torná-lo protagonista em políticas públicas que alavanquem de forma mais assertiva a conectividade no meio rural.



SUMÁRIO

1 AVANÇOS, GARGALOS E SUGESTÕES PARA O INCREMENTO DA OFERTA E DE BANDA LARGA NO MEIO RURAL	14
1.1 Ações e incentivos do governo federal para oferta de banda larga para o meio rural.....	14
1.1.1 Novo marco legal das telecomunicações no Brasil.....	15
1.1.2 O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações - FUST	16
1.1.3 O Programa Nacional de Banda Larga - PNBL	17
1.1.4 A desoneração tributária de equipamentos e serviços de rede: o Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga – REPBNL.....	18
1.1.5 O programa “Brasil Inteligente”	19
1.1.6 O programa “Internet para Todos”	20
1.1.7 O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações - SGDC	20
1.1.8 O Decreto nº 9.612/2018.....	21
1.2 Conexão no meio rural segundo modelagem espacial: incrementos no modelo espacial de conexão em banda larga	24
1.2.1 Metodologia	26
1.2.2 Comparação dos resultados	26
2 DEMANDA POR BANDA LARGA NO MEIO RURAL.....	29
2.1 Abordagens sobre a demanda por conectividade no meio rural para os diferentes públicos.	30
2.2 Avaliação de estratégias de intervenção.....	35
2.2.1 Demanda potencial de conectividade.....	35
2.2.2 Metodologia de análise	40
2.2.3 Resultados de análise.....	44
3 ESTIMATIVA DO NÚMERO DE ANTENAS PARA AUMENTAR A CONECTIVIDADE NO MEIO RURAL	48
3.1 Etapa 1: procedimentos para simular a adição de uma nova antena.....	48
3.2 Resultados do modelo de locação de novas antenas	53
3.2.1 Torres existentes sem antenas	53
3.2.2 Novas torres	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5 Anexo: Estimativa do impacto econômico decorrente do investimento em conectividade sobre a agropecuária Brasileira	58

1 AVANÇOS, GARGALOS E SUGESTÕES PARA O INCREMENTO DA OFERTA E DE BANDA LARGA NO MEIO RURAL

O presente capítulo busca apresentar um panorama acerca dos avanços e gargalos sobre a conectividade no meio rural sob o ponto de vista da **oferta** de banda larga. Para tanto, o item 1.1 procura resgatar os esforços dispendidos pelo governo federal em ampliar a oferta de banda larga no meio rural, com base em documentos como o Relatório do Tribunal de Contas da União – TCU, de agosto de 2018¹⁰, o qual buscou, através do conhecimento do atual estágio de desenvolvimento do Programa Nacional de Banda Larga - PNBL, identificar riscos para o alcance de seus objetivos e apontar oportunidades. Também foram consultados documentos como o próprio PNBL (Decreto nº 7.175, de 12 de maio de 2010), a Lei Geral das Telecomunicações – LGT (Lei nº 9.472/1997); o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – FUST (Lei nº 9.998/2000); o Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT, 2018) da ANATEL¹¹, o Relatório Anual da ANATEL de 2017¹², o Diagnóstico para o setor de telecomunicações realizado pela SindiTelebrasil e LCA em 2011¹³, além de Leis, Decretos, Portarias e Projetos de Lei que tratam de políticas para acesso à banda larga, bem como sobre a prestação de serviços de telecomunicações. Adicionalmente, são também abordadas as recentes alterações constantes na Lei 13.879 de 03 de outubro de 2019.

Ainda sob o ponto de vista da **oferta**, o item 1.2 traz resultados sobre a cobertura e qualidade da banda larga no meio rural, obtidos através da aplicação de modelos que representam a transmissão e propagação de ondas de forma fidedigna à realidade de campo.

1.1 Ações e incentivos do governo federal para oferta de banda larga para o meio rural

Dentre as principais intervenções do governo federal para promover o acesso à *internet* banda larga e que tiveram ações ou incentivos à conectividade do meio rural, pode-se destacar:

- (i) A Lei Geral das Telecomunicações – LGT (Lei nº 9.472/1997);
- (ii) O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – FUST (Lei nº 9.998/2000);

¹⁰ <http://www.telesintese.com.br/wp-content/uploads/2018/09/03250820174-PoliticaNacionaldeBandalarga.pdf>
Consultado em março/2019.

¹¹ http://www.anatel.gov.br/Portal/documentos/sala_imprensa/17-5-2018--19h59min16s-PERT6.pdf
Consultado em fevereiro/2019.

¹² <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documentoVersionado.asp?numeroPublicacao=348395&documentoPath=348395.pdf&Pub=&URL=/Portal/verificaDocumentos/documento.asp> Consultado em fevereiro/2019.

¹³ Diagnóstico, cenários e ações para o Setor de Telecomunicações no Brasil 2014 – 2020. SindiTelebrasil; LCA, 2011. Fonte: <http://www.telebrasil.org.br/posicionamentos/estudo/326-diagnostico-cenarios-e-acoes-para-o-setor-de-telecomunicacoes-no-brasil-julho-de-2011> Consultado em fevereiro/2019.

- (iii) O Programa Nacional de Banda Larga – PNBL (Decreto nº 7.175, de 12 de maio de 2010);
- (iv) A desoneração tributária de equipamentos e serviços de rede, com destaque para o Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga – REPNBL, em 2013;
- (v) O Programa Brasil Inteligente, em 2016;
- (vi) O Programa Internet para Todos, em 2017;
- (vii) A construção do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações – SGDC, e seu lançamento em 2017;
- (viii) O Decreto nº 9.612, de 17 dezembro de 2018, que substitui os Decretos nº 7.175/2010 (PNBL) e nº 8.776/2016 (Programa Brasil Inteligente);
- (ix) A Lei nº 13.879 de 3 de outubro de 2019, que altera a Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, para permitir a adaptação da modalidade de outorga de serviço de telecomunicações de concessão para autorização, e a Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, e revoga dispositivos da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997.

1.1.1 Novo marco legal das telecomunicações no Brasil

A recente Lei nº 13.879 de 03 de outubro de 2019 (oriunda do Projeto de Lei 3.453/2015 aprovado pela Câmara em 2016 e pelo Senado em setembro de 2019, sendo sancionada sem vetos pelo Presidente da República) promove significativas alterações na Lei Geral de Telecomunicações (LGT). A nova legislação possibilita que a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) transforme as atuais concessões de telefonia fixa em autorizações. A concessão é o instrumento utilizado para a prestação de serviços em regime público, enquanto a autorização é usada para a prestação de serviços em regime privado. Nesta modalidade de atuação os preços são livres, nos mesmos moldes em que são praticados nos serviços de telefonia celular, TV por assinatura e internet. Ademais, não há mais obrigações de universalização de serviços.

Na prática, as empresas estarão livres para decidir sobre os investimentos, alocando seus recursos conforme as demandas com seus clientes. Além disso, com a alteração das regras, estima-se que haverá estímulo de investimento no setor de telecomunicações. No entanto, a mudança da concessão da telefonia fixa para o regime privado terá algumas condições, e o Poder Executivo irá calcular o valor econômico dessa mudança, que será convertida em novos investimentos em banda larga. Assim, o cerne da nova lei está na valoração dos ônus que deixam de existir no âmbito da concessão, que será o valor de referência para os compromissos de investimento que serão demandados em contrapartida para expansão das redes. Entre as condições, as operadoras, mesmo depois que migrarem, terão que manter as ofertas comerciais da telefonia fixa em áreas sem competição. Por exemplo, não poderão retirar os orelhões das localidades onde só existe este meio de comunicação. Os investimentos que serão feitos após a Anatel calcular o valor econômico da migração deverão ser aplicados em redes de alta velocidade, em áreas sem competição, a serem definidas pelo Poder Executivo e pela Anatel.

A lei prevê que cabe à Anatel fazer esses cálculos, havendo o acompanhamento do Tribunal de Contas da União (TCU) e as estimativas iniciais indicam que o processo de migração possa levar entre 12 a 18 meses em face da complexidade deste tema, uma vez que há a obrigação de incluir os bens reversíveis na conta, que são aqueles usados apenas na prestação de serviço de telefonia fixa, prevendo valoração proporcional ao uso em tal finalidade.

A nova lei também permite às empresas com autorização de uso do chamado espectro de radiofrequência a renovação sem limites da outorga, desde que cumpridas exigências e contrapartidas colocadas pela Anatel. No antigo modelo a renovação só podia acontecer uma única vez. Além disso, fica aberta a possibilidade de um mercado de espectro entre as empresas autorizadas, o chamado mercado secundário, em que a negociação por frequência se dá diretamente entre elas.

1.1.2 O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações - FUST

O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações - FUST foi criado pela Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, em atendimento ao disposto no inciso II do art. 81 da LGT. Por questões legais, este recurso somente pode ser utilizado para projetos exclusivamente voltados ao Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC), necessitando que se opere a mudança legal do marco regulatório da concessão da telefonia fixa, de modo que se permita seu uso para outros projetos necessários à massificação dos serviços de banda larga, como por exemplo em parcerias público-privadas (PPPs) com vistas à instalação de infraestrutura adequada em áreas ainda não atendidas.

Ressalta-se a importância do FUST no contexto da massificação dos serviços de banda larga (o que inclui as áreas rurais), pois é a única fonte de recursos perenes para investimentos em infraestrutura, em comparação às demais fontes de recursos previstas, como os Termos de Ajustamento de Conduta – TAC (de difícil operacionalização), as obrigações decorrentes da autorização de uso de radiofrequências (de operacionalização viável, mas de curto alcance) e as desonerações tributárias (fonte pouco relevante e de baixo potencial de retorno dada a situação fiscal do país)¹⁴. A arrecadação do FUST, entre 2001 e 2017 alcançou a cifra de R\$ 19,983 bilhões, indicando a média de R\$ 1,175 bilhão ao ano¹⁵.

A Lei 13.879/2019 alterou a Lei do FUST (Lei 9.998/2000), fazendo com que as emissoras de rádio e TV não contribuam para esse fundo, no valor correspondente a 1% da receita operacional bruta. A disputa sobre essa contribuição entre as emissoras de radiodifusão e a União já dura 18 anos.

¹⁴ Ver detalhes sobre possíveis fontes de recursos para a universalização do uso de banda larga no Produto 2 - conectividade rural PCT IICA BRA/015/002.

¹⁵ Dados obtidos no relatório preparado pela Superintendência de Administração e Finanças da Anatel, tendo como fonte o Sistema Integrado de Administração Financeira - SIAFI.

1.1.3 O Programa Nacional de Banda Larga - PNBL

O **Programa Nacional de Banda Larga – PNBL**, instituído pelo Decreto nº 7.175, de 12 de maio de 2010, é um marco para o Brasil na medida em que se constitui em instrumento para o planejamento da disponibilidade, regulação e acesso à banda larga no território nacional, atribuições até então confinadas ao setor privado, mas é também especialmente relevante para o meio rural na medida em que apresenta objetivos específicos como: “*I – a massificação do acesso a serviços de conexão à Internet em banda larga; II – a aceleração do desenvolvimento econômico e social; III – a promoção da inclusão digital; ... IV – a redução das desigualdades social e regional; V – a promoção da geração de emprego e renda; VII – a promoção da capacitação da população para o uso das tecnologias de informação*”. O PNBL também atribui à ANATEL a função de agente regulador.

Na análise de riscos associados à formulação da política de banda larga, realizada pelo TCU em agosto de 2018, foram identificados alguns gargalos para a efetivação da PNBL. O primeiro deles é a falta de governança nesta política pública, traduzida na ausência de visão de longo prazo instrumentalizada em um plano com objetivos, metas, estratégias, ações e metodologia de monitoramento e avaliação, na falta de coordenação multisetorial e interfederativa e de planejamento para uso do SGDC (este último a ser comentado no item 2.1.7). Na análise do TCU, é necessário que se formule um plano nacional de médio e longo prazo, “*com previsão de fontes de financiamento e dos recursos necessários para a sua implementação e com a definição de ações, metas, indicadores, prazos, responsáveis pelas ações, competências dos atores envolvidos, instâncias de coordenação, mecanismos de monitoramento e avaliação e a previsão da periodicidade de sua atualização*” (TCU, 2018. p. 56, item 447).

A falta de coordenação interfederativa e multisetorial é apontada pelo TCU como outro obstáculo à inclusão digital. Isto porque políticas públicas desconexas entre diferentes poderes e níveis federativos causam sobreposição de ações governamentais em alguns locais, com desperdício de recursos públicos ou ausência de políticas em outros. Desta forma, o TCU recomendou, em agosto de 2018, à Casa Civil da Presidência da República e ao MCTIC a criação de um comitê para realizar a coordenação multisetorial e interfederativa das ações específicas de banda larga. Caso não fosse possível essa ação, recomendou que o CITDigital recebesse essa competência.

O Decreto nº 9.612, de 17 dezembro de 2018 substitui, para todos os fins legais, o PNBL e o Programa Brasil Inteligente (Decreto nº 8.776/2016). Entrando em vigor após relatório do TCU de agosto de 2018, no final do mandato anterior do governo federal, esse Decreto altera alguns dos principais objetivos do PNBL. Em seu Artigo 2º, coloca como objetivos gerais das políticas públicas de telecomunicações:

“*I - promover:*

a) o acesso às telecomunicações em condições econômicas que viabilizem o uso e a fruição dos serviços, especialmente para:

1. a expansão do acesso à internet em banda larga fixa e móvel, com qualidade e velocidade adequadas; e

2. a ampliação do acesso à internet em banda larga em áreas onde a oferta seja inadequada, tais como áreas urbanas desatendidas, rurais ou remotas;

b) a inclusão digital, para garantir à população o acesso às redes de telecomunicações, sistemas e serviços baseados em tecnologias da informação e comunicação - TIC, observadas as desigualdades sociais e regionais; e

c) um mercado de competição ampla, livre e justa;

II - proporcionar um ambiente favorável à expansão das redes de telecomunicações e à continuidade e à melhoria dos serviços prestados;

III - garantir os direitos dos usuários dos serviços de telecomunicações;

IV - estimular:

a) a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e produtivo; e

b) as medidas que promovam a integridade da infraestrutura de telecomunicações e a segurança dos serviços que nela se apoiam; e

V - incentivar a atualização tecnológica constante dos serviços de telecomunicações.”

Nota-se que com o encerramento do PNBL, garantias à universalização do uso de banda larga perdem a força, por exemplo com a remoção de objetivos como “*massificação do acesso a serviços de conexão à Internet em banda larga*”; “*redução das desigualdades social e regional*” e “*promoção da geração de emprego e renda*”, impactando especialmente o atendimento às áreas rurais, foco do presente estudo. À época do relatório do TCU, o Decreto nº 9.612/2018 foi analisado ainda sob forma de minuta, sendo avaliado que: a “*nova proposta não explicita na priorização de investimentos a finalidade de redução de desigualdades regionais*” e que “*entende-se pertinente recomendar ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Comunicações que, na alocação de recursos da política pública de banda larga, utilize critérios que promovam a redução das desigualdades sociais e regionais, de acordo com o disposto no artigo 3º, inciso III da Constituição Federal*”.

Uma análise expedita do Decreto nº 9.612/2018 mostra ainda que os principais gargalos encontrados pelo TCU com relação ao PNBL não são solucionados pelo novo texto, restando ainda demandas por definições claras sobre instrumentos como planos de ação, priorizações de investimentos em infraestrutura e coordenação interfederativa e multisetorial.

O acordo feito no plenário do Senado Federal que possibilitou a aprovação do PLC 79, que por sua vez deu origem à Lei 13.879/2019, definiu que o governo irá encaminhar um Projeto de Lei mantendo medidas para a universalização da banda larga em regiões distantes dos grandes centros urbanos.

1.1.4 A desoneração tributária de equipamentos e serviços de rede: o Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga – REPBNBL

Devido à necessidade de vultuosos desembolsos de capital para investimento em redes de banda larga, especialmente para a instalação das redes de transporte e acesso, a tributação é um elemento adicional ao risco de mercado, que pode desestimular decisões de

investimentos privados (LCA, 2011)¹⁶. O volume de recursos necessários para infraestrutura vem da dependência da importação de componentes e equipamentos (onde incidem de impostos de importação, taxas alfandegárias e demais custos logísticos) sobre o preço dos insumos essenciais à prestação do serviço de banda larga. Há também a tributação sobre obras e materiais de construção civil necessários à instalação e modernização da infraestrutura das redes. Dessa forma, o chamado efeito “cascata” da estrutura tributária brasileira faz com que haja pressão para repasse dos custos para o consumidor final, desestimulando ou inviabilizando o investimento em áreas rurais de baixa atratividade. Estudo conduzido pela LCA (2011) mostra que a desoneração tributária via REPNBL é imprescindível a massificação do acesso à banda larga.

O Regime Especial de Tributação do Programa Nacional de Banda Larga - REPNBL foi o arcabouço legal criado para alavancar a infraestrutura nacional na área do acesso à banda larga, reduzindo ao máximo a carga tributária do setor e produzindo incentivos para expandir interesse no mercado de baixa renda¹⁷. Dentre os benefícios tributários estabelecidos estão, para o caso de aquisição de equipamentos: redução em 70% do PIS-PASEP e COFINS para bens produzidos no Brasil, chegando a 100% naqueles com tecnologia nacional; redução em 80% de IPI; e IPI não cumulativo com a Lei de Informática (Lei 8.348/1991). O regime também contempla investimentos em obras civis pela aplicação de alíquota 0% de IPI e PIS-PASEP/COFINS para materiais, equipamentos e serviços de construção civil, instalação e implantação de redes. De acordo com LCA (2011), uma das vantagens do REPNBL foi a inclusão de elos intermediários da cadeia de valor na desoneração, como equipamentos e elementos de rede, cabos ópticos e serviços de instalação de sistemas de transporte e acesso.

Entretanto, um balanço final dos projetos efetivamente executados, feito em 2016 pela ANATEL, revelou baixa taxa de implantação e prevalência de investimentos do setor privado em redes de acesso, com menor custo de implantação e menores níveis de exigências para aprovação dos projetos pelo REPNBL, sem a necessidade de cumprimento de contrapartidas de investimento nas regiões Norte, Nordeste e Centro-oeste.

1.1.5 O programa “Brasil Inteligente”

O Programa Brasil Inteligente foi criado em 11 de maio de 2016 pelo Decreto nº 8.776 com a finalidade de universalizar o acesso à internet no país, mediante a expansão das redes de transporte em fibra óptica, o aumento da abrangência dessas redes nas áreas urbanas e a ampliação da cobertura das áreas rurais com banda larga móvel. O Decreto, no entanto, foi revogado pelo Decreto nº 9.612/2018, já mencionado no item 2.1.3 e comentado no item 2.1.7.

¹⁶ Ações para expansão dos serviços de Telecomunicações no Brasil: Proposições para a efetivação dos Cenários 2014 e 2020. SindiTelebrasil; LCA. 92p. In: <http://telebrasil.org.br/posicionamentos/estudo/2252-acoes-para-expansao-dos-servicos-de-telecomunicacoes-no-brasil-proposicoes-para-a-efetivacao-dos-cenarios-2014-e-2020-dezembro-de-2011> Acessado em março/2019.

¹⁷ Lei nº 12.715, em 17 de setembro de 2012, regulamentado pelo Decreto nº 7.921, de 15/02/2013, e pela Portaria nº 55, de 12/03/2013 do Ministério das Comunicações.

1.1.6 O programa “Internet para Todos”

O programa Internet para Todos, lançado em março de 2018, visa levar acesso à banda larga para locais remotos sem conectividade e pode ser compreendido como uma ampliação do programa Governo Eletrônico – Serviço de Atendimento ao Cidadão (Gesac), criado pela Portaria-MC 256/2002 e normatizado pela Portaria-MCTIC 7.154/2017. Ficou a cargo da Telebrás, por meio do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), atuar na implantação do programa. Além da Telebrás, empresas podem se credenciar junto ao MCTIC para oferecerem serviço de banda larga a partir do SGDC.

Para participar do programa, os municípios devem firmar um termo de adesão com o MCTIC, no qual indicarão as localidades para atendimento. Esse termo define as obrigações do município, como a garantia de infraestrutura básica para a instalação dos equipamentos de conexão.

Nos objetivos do GESAC, destacam-se os que dizem respeito às áreas rurais (Artigo 3º):

I - promover a inclusão digital, por meio do fornecimento de conexão à internet em banda larga, inclusive naquelas localidades onde inexista oferta adequada de conexão à Internet;

II - apoiar comunidades em estado de vulnerabilidade social, localizadas em áreas rurais, remotas e nas periferias urbanas, oferecendo acesso a serviços de conexão à internet, promovendo a inclusão digital e social e incentivando as ações de governo eletrônico;

III - ampliar o provimento de acesso à internet em banda larga para instituições públicas, com prioridade para regiões remotas e de fronteira;

...

Ainda, em seu Art. 4º, são elencados os beneficiados com as ações do Programa GESAC:

I - unidades do serviço público, localizadas em áreas rurais, remotas, urbanas em situação de vulnerabilidade social e de fronteira ou de interesse estratégico;

II - órgãos da administração pública localizados em municípios com dificuldades de acesso a serviços de conexão à internet em banda larga;

III - organização da sociedade civil sem fins lucrativos, por meio das quais seja possível promover ou ampliar o processo de inclusão digital;

IV - povos e comunidades tradicionais em conformidade com os objetivos da política nacional de desenvolvimento sustentável;

V - localidades onde inexiste oferta adequada de acesso à internet em banda larga, identificadas pelo MCTIC.

Com o programa Internet para Todos é reforçada a necessidade de indicação de áreas não atendidas por internet banda larga. De acordo com o relatório do TCU (2018), não está claro o critério de definição dessas localidades, sendo apontado pelo MCTIC mais de 30 mil localidades nessas condições. Em situação de contenção de gastos, é também essencial a definição de áreas prioritárias para atendimento.

1.1.7 O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações - SGDC

Previsto no PNBL, o **Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC)** da Telebrás foi planejado para garantir a soberania brasileira nas comunicações das Forças

Armadas, fortalecer o programa espacial brasileiro e ampliar o acesso à banda larga nas regiões remotas do país, aumentando significativamente o número de municípios atendidos pelo PNBL. Lançado em maio de 2017 e já em pleno funcionamento, o SGDC teria capacidade, de acordo com a Telebrás, de cobrir a totalidade do território nacional com banda larga, completando a cobertura de 27% da rede terrestre já existente da Telebrás, de acordo com dados de 2017. Entretanto, alguns riscos sobre a efetividade do uso do SGDC são apontados pelo TCU (2018).

Dentre eles, o TCU aponta que na minuta de decreto de telecomunicações (posteriormente Decreto nº 9.612/2018) havia indefinição por parte do MCTIC sobre localidades em que não há oferta adequada de serviços de conexão em banda larga (onde a Telebrás poderia prestar serviços no varejo) e de quais municípios seriam prioritários para atendimento via SGDC¹⁸. Diante desta lacuna, o TCU recomendou determinar ao MCTIC que sejam definidas as localidades “*onde inexiste a oferta adequada de serviços de conexão à internet em banda larga, de forma a permitir a consecução da competência da Telebrás de prestar serviço de conexão à internet em banda larga para usuários finais, conforme competência prevista no art. 4º, § 4º do Decreto 7.175/2010*”. O Decreto nº 9.612/2018, que substitui o Decreto nº 7.175/2010, não menciona o uso do SGDC.

Em vista destas indefinições apontadas, a análise que segue item 2.2 mostra o aperfeiçoamento do modelo de cobertura de banda larga no território nacional, bem como os itens 3.2 e 3.3 apresentam, respectivamente, a abordagem metodológica utilizada para mapeamento de áreas prioritárias para estabelecimento da conectividade no meio rural e os resultados dessa análise.

A Lei 13.879/2019 também altera o modelo de exploração de satélites, permitindo que o atual prazo de exploração, de 15 anos, seja renovado por sucessivas vezes. Está eliminada a necessidade de licitação para a obtenção do direito de exploração de satélite, que passará a ser conferido mediante processo administrativo organizado pela Anatel. O pagamento por esse direito de exploração poderá ser convertido em compromissos de investimento, de acordo com diretrizes impostas pelo Poder Executivo.

1.1.8 O Decreto nº 9.612/2018

O Decreto nº 9.612, de 17 dezembro de 2018 dispõe sobre as políticas públicas de telecomunicações, revogando o Decreto nº 4.733, de 10 de junho de 2003, o Decreto nº 7.175, de 12 de maio de 2010 e o Decreto nº 8.776, de 11 de maio de 2016. Cabe destacar algumas das principais mudanças nas políticas públicas de telecomunicações após o Decreto nº 9.612/2018 entrar em vigor, revogando os citados anteriormente.

O Decreto nº 4.733, de 10 de junho de 2003 dispunha sobre políticas públicas de telecomunicações e inseria em seus objetivos gerais (Art. 3º):

¹⁸ Nesse sentido, deve-se destacar o estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, que apresenta sugestões para priorização de áreas para cobertura com fibra ótica, utilizando critérios como IDH, densidade populacional e mercado potencial. Não foi objeto do estudo, porém, a priorização de áreas para cobertura de redes de acesso em banda larga móvel e em banda larga fixa. Em: Carvalho; Mendonça; Silva. *Avaliando o efeito dos investimentos em telecomunicações sobre o PIB*. IPEA, 2017. http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2336.pdf

- “I - a inclusão social;
- II - a universalização, nos termos da Lei nº 9.472, de 1997;
- III - contribuir efetivamente para a otimização e modernização dos programas de Governo e da prestação dos serviços públicos;
- IV - integrar as ações do setor de telecomunicações a outros setores indispensáveis à promoção do desenvolvimento econômico e social do País;
- V - estimular o desenvolvimento industrial brasileiro no setor;
- VI - fomentar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico do setor;
- VII - garantir adequado atendimento na prestação dos serviços de telecomunicações;
- VIII - estimular a geração de empregos e a capacitação da mão-de-obra; e
- IX - estimular a competição ampla, livre e justa entre as empresas exploradoras de serviços de telecomunicações, com vistas a promover a diversidade dos serviços com qualidade e a preços acessíveis à população.

Já o Decreto nº 9.612, de 17 dezembro de 2018, tem como objetivos gerais (Art. 2º):

- “I - promover:
 - a) o acesso às telecomunicações em condições econômicas que viabilizem o uso e a fruição dos serviços, especialmente para:
 - 1. a expansão do acesso à internet em banda larga fixa e móvel, com qualidade e velocidade adequadas; e
 - 2. a ampliação do acesso à internet em banda larga em áreas onde a oferta seja inadequada, tais como áreas urbanas desatendidas, rurais ou remotas;
 - b) a inclusão digital, para garantir à população o acesso às redes de telecomunicações, sistemas e serviços baseados em tecnologias da informação e comunicação - TIC, observadas as desigualdades sociais e regionais; e
 - c) um mercado de competição ampla, livre e justa;
 - II - proporcionar um ambiente favorável à expansão das redes de telecomunicações e à continuidade e à melhoria dos serviços prestados;
 - III - garantir os direitos dos usuários dos serviços de telecomunicações;
 - IV - estimular:
 - a) a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico e produtivo; e
 - b) as medidas que promovam a integridade da infraestrutura de telecomunicações e a segurança dos serviços que nela se apoiam; e
 - V - incentivar a atualização tecnológica constante dos serviços de telecomunicações.”

Nota-se, portanto, que o novo Decreto dá ênfase ao atendimento às áreas rurais (algo não contemplado de forma explícita nos objetivos do Decreto nº 4.733/2003), porém suprime o termo “universalização” (de acordo com a Lei nº 9.472, de 1997 – a Lei Geral de Telecomunicações).

Garantias à universalização do uso de banda larga também perdem a força na revogação do PNBL (Decreto nº 7.175/2010), com a remoção de objetivos como “*massificação do acesso a serviços de conexão à Internet em banda larga*”; “*redução das desigualdades social e regional*” e “*promoção da geração de emprego e renda*”.

Por sua vez, o Decreto nº 8.776, de 11 de maio de 2016 (Programa Brasil Inteligente), também revogado, minucioso em termos de objetivos gerais, trazia no seu Art. 2º:

“Para alcançar a finalidade indicada no art. 1º, o Programa Brasil Inteligente terá os seguintes objetivos:

I - expandir as redes de transporte em fibra óptica;

II - aumentar a abrangência das redes de acesso baseadas em fibra óptica nas áreas urbanas;

III - ampliar a cobertura de vilas e de aglomerados rurais com banda larga móvel;

IV - atender órgãos públicos, com prioridade para os serviços de educação e de saúde, com acesso à internet de alta velocidade.

V - ampliar a interligação com redes internacionais de telecomunicações;

VI - promover a implantação de cidades inteligentes;

VII - promover a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em tecnologias móveis de quinta geração;

VIII - fomentar o desenvolvimento e a adoção de soluções nacionais de internet das coisas e sistemas de comunicação máquina a máquina;

IX - promover a capacitação e a qualificação profissional em tecnologias da informação e comunicação;

X - disponibilizar capacidade satelital em banda larga para fins civis e militares; e

XI - expandir redes de transporte em fibra óptica na Amazônia por meio de cabos subfluviais.”

Por sua vez, analisando-se o texto do novo Decreto que dispõe sobre políticas públicas de telecomunicações em relação ao Decreto nº 8.776/2016 (Programa Brasil Inteligente), nota-se maior generalização em termos de objetivos gerais, e ao mesmo tempo detalhamento sobre os compromissos de expansão dos serviços de telecomunicações para áreas rurais. Abaixo, o novo texto (com grifo nosso destacando o concernente às áreas rurais):

“Art. 9º Os compromissos de expansão dos serviços de telecomunicações fixados pela Anatel em função da celebração de termos de ajustamento de conduta, de outorga onerosa de autorização de uso de radiofrequência e de atos regulatórios em geral serão direcionados para as seguintes iniciativas:

I - expansão das redes de transporte de telecomunicações de alta capacidade, com prioridade para:

a) cidades, vilas, áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais que ainda não disponham dessa infraestrutura; e

b) localidades com projetos aprovados de implantação de cidades inteligentes;

II - aumento da cobertura de redes de acesso móvel, em banda larga, priorizado o atendimento de cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias federais que não disponham desse tipo de infraestrutura; e

III - ampliação da abrangência de redes de acesso em banda larga fixa, com prioridade para setores censitários, conforme classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sem oferta de acesso à internet por meio desse tipo de infraestrutura.

Diversas ações do governo federal visaram ampliar a oferta de banda larga no meio rural, com destaque para a Lei Geral das Telecomunicações (LGT); o Programa Nacional de Banda Larga (PNBL); a estruturação da ANATEL como agente regulador e na atribuição da Telebrás na implantação da infraestrutura de telecomunicações; as medidas para estímulo a investimentos do setor privado, como isenções fiscais e redução de cargas tributárias; a constituição de fontes de recursos para investimentos em infraestrutura física terrestre e o lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações (SGDC).

Com o advento recente da Lei 13.879/2019, para viabilizar a aprovação das medidas previstas, o governo assumiu o compromisso de encaminhar um Projeto de Lei mantendo medidas para a universalização da banda larga em regiões distantes dos grandes centros urbanos. Nesse contexto, esse estudo assume importância estratégica na medida em que fornece ao MAPA elementos para estabelecer suas prioridades de conectividade no meio rural, municiando o governo federal com informações que permitem melhor negociação com as empresas privadas em troca da mudança do regime de concessão para autorização.

1.2 Conexão no meio rural segundo modelagem espacial: incrementos no modelo espacial de conexão em banda larga

A primeira aproximação da modelagem espacial adotou o que Molisch (2011)¹⁹ define como sendo o cenário mais simples possível: um transmissor e um receptor em espaço livre. Neste caso, a potência recebida é função apenas da distância entre as antenas e a Fórmula de Friis fornece a relação matemática para o cálculo.

Mesmo sendo uma abordagem bastante simples e que desconsidera fatores que na prática da transmissão são importantes, sobretudo, o relevo e a existência de obstáculos entre as antenas, uma validação empírica com o Sistema Mosaico da Anatel mostrou coincidência das previsões para pelo menos 100 pontos verificados manualmente ao longo do território nacional. Esse resultado indica que a Fórmula de Friis é adequada para uma abordagem inicial do problema, mas a complexidade do fenômeno demanda que cálculos mais elaborados sejam realizados para que resultados mais realísticos sejam obtidos.

Nesse contexto, duas diferentes abordagens para o problema foram adotadas: o modelo COST231-Hata e o modelo ITM.

O COST231-Hata foi a primeira alternativa considerada. Ele pertence a uma classe de modelos cujo cálculo é elaborado de forma a incorporar mais fatores no resultado: a altura antenas e o local da transmissão, dividida para a aplicação em três categorias: i) espaços urbanos densos; ii) espaços suburbanos ou cidades de menor porte; e iii) áreas abertas.

¹⁹ MOLISCH, A. F. *Wireless communications*. 2ed. John Wiley & Sons: Chichester, 2011.

O modelo COST231-Hata é uma extensão do modelo Okumura-Hata, o mais utilizado para aplicações comerciais (MOLISCH, 2011), permitindo sua aplicação para a faixa entre 150 MHz e 2.000 MHz. Apesar da faixa de operação das tecnologias por vezes exceder o valor de 2.000 MHz, o modelo foi extrapolado também para essas antenas e isso pode ser considerado uma limitação do método neste caso.

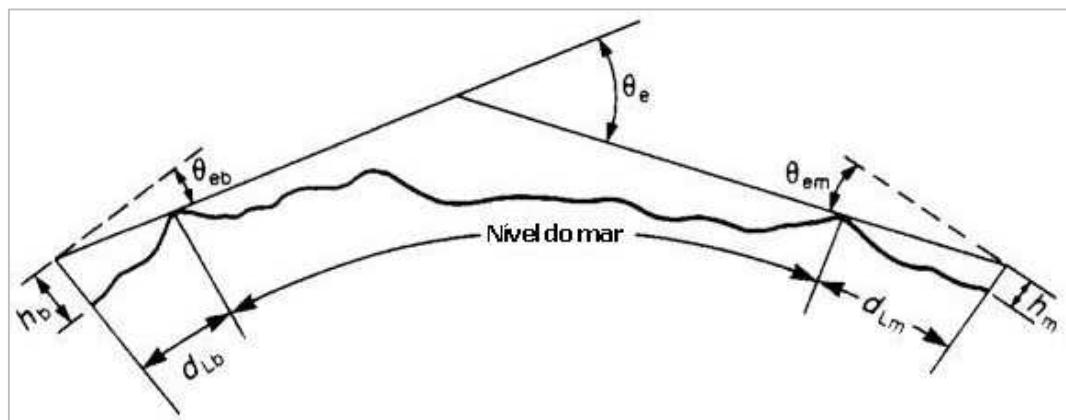
A implementação do modelo utilizada no presente trabalho foi baseada no *software* SignalServer (FARRANT, 2019)²⁰, com uma pequena modificação no cálculo das distâncias para incluir também a variação de altura das antenas a partir do terreno. Isso foi feito para permitir posterior comparação com o terceiro modelo utilizado, ITWOM, cuja implementação utilizada foi também do mesmo *software*.

O modelo COST231-Hata é um avanço em relação a fórmula de Friis por incorporar a altura das antenas e o local da transmissão. No entanto, a incorporação do relevo na distância entre antenas não é uma maneira sofisticada de incluir esse importante fator no cálculo e a extração da faixa de aplicação pode ter consequências imprevisíveis para os resultados do modelo.

A sigla do modelo ITM é acrônimo das palavras Irregular Terrain Model e sua formulação é conhecida também como Longley-Rice, que inclui uma interpretação mais realista da influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. Desta forma, o modelo ITM produz um cálculo bastante detalhado, que incorpora tanto a teoria eletromagnética quanto análises estatísticas para levar em consideração a irregularidade do terreno, a refratividade da superfície e a influência do clima no trajeto dos raios entre antenas (PARSONS, 2000)²¹.

A **Figura 1** apresenta algumas das quantidades consideradas no cálculo.

FIGURA 1. DECOMPOSIÇÃO DE UM TRAJETO HIPOTÉTICO ENTRE TRANSMISSOR E RECEPTOR PELO MODELO ITM



FONTE: ADAPTADO DE PARSONS (2000).

Além da maior acurácia proposta, sua faixa de aplicação varia de 20 a 20.000 MHz, sendo mais segura para a utilização das frequências acima de 2.000 MHz. Cabe ressaltar que o modelo ITM é calculado de maneira idêntica para áreas urbanas e rurais.

²⁰ FARRANT, A. *Signal Server*: Multi-threaded radio propagation simulator based upon SPLAT! Disponível em: <https://github.com/Cloud-RF/Signal-Server>. Acesso 01 mar. 2019.

²¹ PARSONS, J. D. *The Mobile Radio Propagation Channel*. 2ed. John Wiley & Sons: Chichester, 1992.

1.2.1 Metodologia

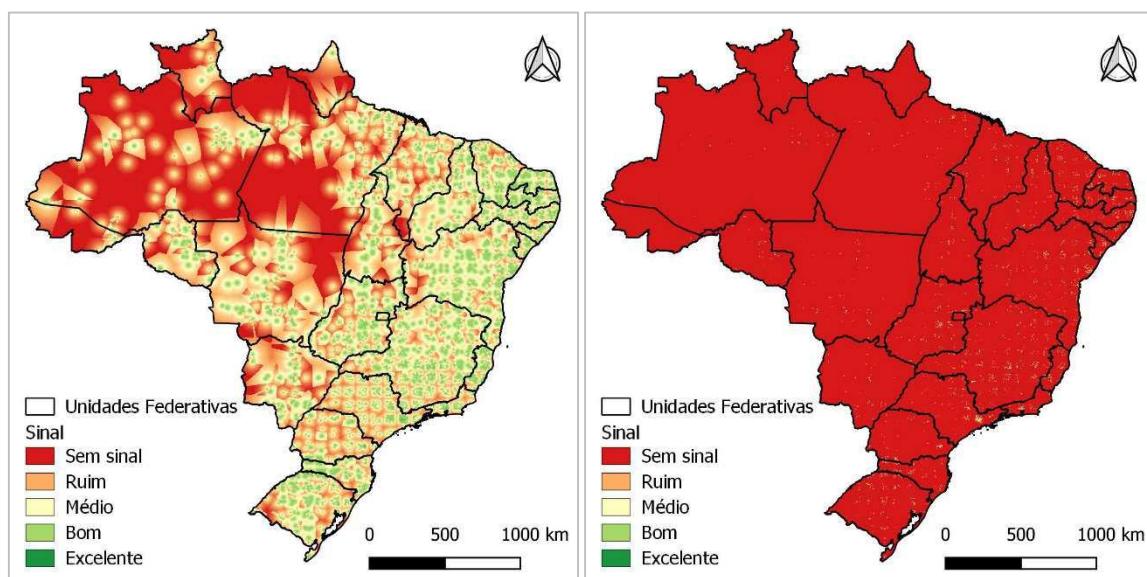
Para comparar os resultados dos três modelos mencionados, um grid subdividindo todo o território nacional em 1km x 1km foi gerado. Essa divisão em uma resolução menos detalhada do que na primeira abordagem foi necessária, pois o modelo ITM é computacionalmente demandante e o cálculo somente se tornou viável com este número reduzido de células.

Para a incorporação do terreno nos cálculos do modelo COST231-Hata e ITM, o modelo digital de elevação da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) foi utilizado. Para o modelo COST231-Hata, os limites municipais e a distância de áreas urbanas também foram utilizados para permitir a identificação de áreas urbanas densas, suburbanas ou cidades de menor porte, e áreas rurais.

1.2.2 Comparação dos resultados

A **Figura 2** apresenta os resultados do cálculo para a Fórmula de Friis e o modelo COST231-Hata.

FIGURA 2. CÁLCULO DA INTENSIDADE DE SINAL 4G A PARTIR DA FÓRMULA DE FRIIS (ESQUERDA) E MODELO COST231-HATA (DIREITA)



Comparando a Fórmula de Friis com o modelo COST231-Hata, nota-se que o segundo produz resultados muito pessimistas, resultando em uma superfície onde predomina a inexistência de sinal. Esse resultado parcialmente decorre do pressuposto utilizado para a aplicação da Fórmula de Friis, onde a transmissão ocorre em espaço livre e, portanto, as ondas transitam maiores distâncias. No modelo COST231-Hata, as áreas de alta intensidade de sinal ocorrem muito raramente e geralmente próximas às áreas urbanas.

A **Figura 3** apresenta a comparação do modelo COST231-Hata com o modelo ITM.

Nota-se que o modelo ITM fornece amplitudes de sinal intermediárias entre a Fórmula de Friis e o modelo COST231-Hata. Por meio da incorporação do terreno de uma maneira mais

detalhada do que os demais modelos, o ITM nem subestima a importância das obstruções como a Fórmula de Friis e nem reduz toda a complexidade do problema a poucos coeficientes fixos, como o modelo COST231-Hata. Essa propriedade fica particularmente evidente na **Figura 4**, onde os três diferentes padrões de difusão são colocados lado a lado para uma única antena. Por estes motivos, o modelo ITM foi escolhido para o decorrer das análises.

FIGURA 3. CÁLCULO DA INTENSIDADE DE SINAL 4G A PARTIR DO MODELO COST231-HATA (ESQUERDA) E DO MODELO ITM (DIREITA)

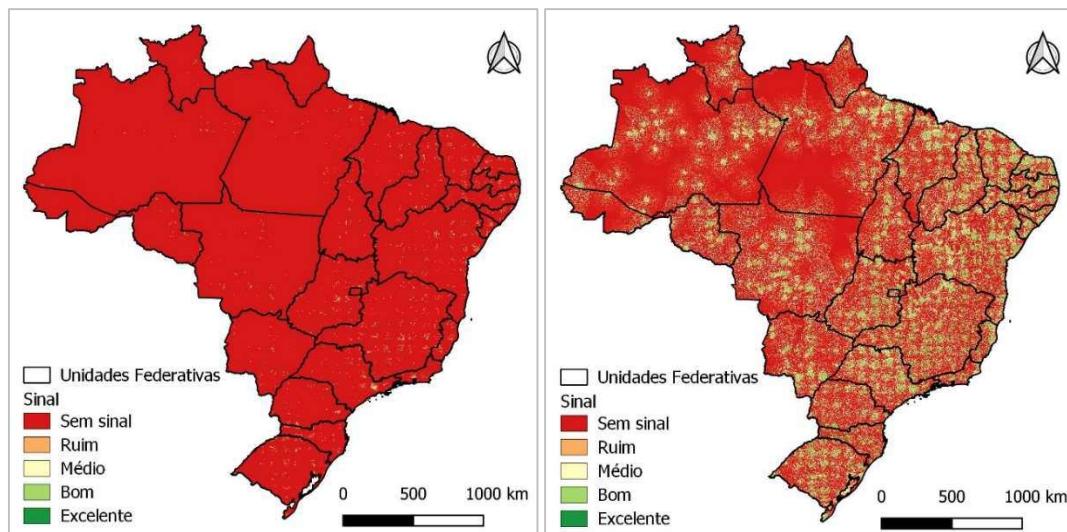
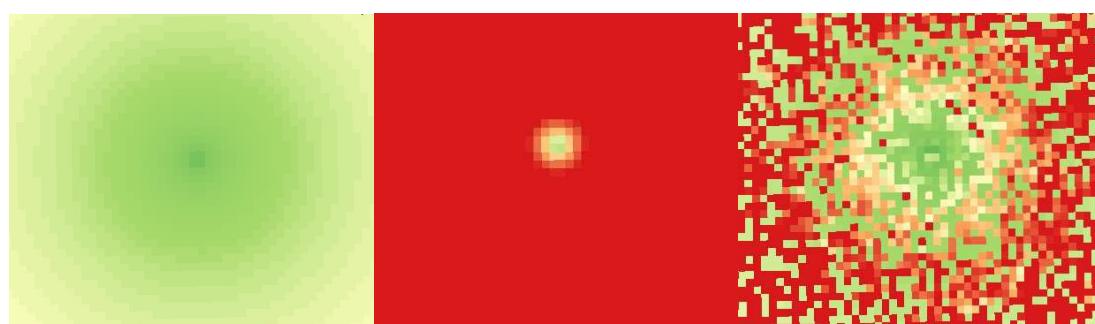


FIGURA 4. DIFERENÇA ENTRE OS MODELOS UTILIZADOS PARA UMA ÚNICA ANTENA, NO ESTADO DO PARÁ*



*Na esquerda, a Fórmula de Friis tende a superestimar a difusão ao longo do território enquanto o modelo COST231-Hata tende a fazer o oposto (centro). Na direita, o modelo ITM atribui uma intensidade diferente para cada pixel, em função do relevo no caminho entre transmissor-receptor

As análises sobre a conexão no meio rural através de modelagem espacial revelaram que o modelo ITM, mais robusto, apresenta uma resposta mais realista em relação aos modelos anteriores, mostrando que a ampliação da conexão em banda larga nestas localidades se faz extremamente necessária, especialmente nas regiões Norte e Centro-Oeste. Tendo sanado essa lacuna de conhecimento sobre as áreas com maior demanda por cobertura, o próximo passo foi explorar o público-alvo (produtores rurais), caracterizando-o em perfis, de modo que fosse possível propor estratégias regionalizadas para a ampliação da conectividade no meio rural.

2 DEMANDA POR BANDA LARGA NO MEIO RURAL

Este capítulo se concentra na análise sobre estímulos à **demand**a por banda larga no meio rural. Esta análise é feita através de modelagem espacial, buscando apontar áreas geográficas com características semelhantes do meio rural em termos de tamanho e densidade de propriedades rurais, renda (traduzida em Valor Adicionado Bruto – VAB) e segmento produtivo (agricultura ou pecuária), a fim de mapear demandas em termos de conectividade para cada segmento de produtores rurais, indicando prioridades. Trata-se de uma primeira aproximação do mapeamento de demandas em função do público-alvo das políticas voltadas à conectividade no meio rural, que busca munir o MAPA de uma avaliação espacial de prioridades para os diferentes setores do agro, fortalecendo seu papel como indutor e demandante de conectividade de forma mais assertiva e direcionada.

A necessidade de mapear e priorizar áreas rurais não ou pouco atendidas com conexão banda larga é explicitada no próprio Decreto 9.612/2018, em seu Art. 9º:

“Os compromissos de expansão dos serviços de telecomunicações fixados pela Anatel em função da celebração de termos de ajustamento de conduta, de outorga onerosa de autorização de uso de radiofrequência e de atos regulatórios em geral serão direcionados para as seguintes iniciativas:

I -

II - aumento da cobertura de redes de acesso móvel, em banda larga, priorizado o atendimento de cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias federais que não disponham desse tipo de infraestrutura; e

III -

§ 1º ...

§ 2º Os compromissos de expansão dos serviços de telecomunicações priorizarão localidades com maior população potencialmente beneficiada, de acordo com critérios objetivos divulgados pela Anatel e observadas as metas fixadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, conforme o disposto no § 1º. (grifo nosso).

Entretanto, o critério de priorização de localidades com maior população potencialmente beneficiada ainda é incompleto, em se tratando do meio rural. Isto porque este setor apresenta diferentes concentrações populacionais em função da tipologia do produtor rural. Por exemplo, a distribuição espacial dos agricultores familiares (AF) tende a ser muito mais concentrada do que a dos grandes produtores, sem que, necessariamente, os primeiros necessitem mais da conexão em banda larga para suas atividades do que os outros. Mais que identificar áreas prioritárias para a expansão do oferecimento de banda larga, portanto, é necessário, no caso do meio rural, identificar os diferentes públicos-alvo a serem atendidos e buscar apontar grandes demandas para cada público.

Identificar públicos-alvo (tipificação de produtores rurais) e suas demandas auxiliará o MAPA a direcionar políticas públicas que necessitem de conexão em banda larga de forma mais assertiva para cada público, priorizando áreas para a expansão da conexão em banda larga móvel. Essa ação coloca o MAPA como indutor e demandante de conectividade no meio rural, indo de encontro ao previsto no Art. 9º Decreto 9.612/2018, que dispõe sobre políticas públicas de telecomunicações:

“Art. 9º ...

§ 3º Na fixação dos compromissos de que trata o caput a Anatel considerará localidades identificadas como relevantes por outras políticas públicas federais.” (grifo nosso).”

O item 2.1 busca discutir as diferentes abordagens sobre a demanda por conectividade no meio rural em função dos diferentes públicos-alvo. Os itens 2.2 e 2.3 apresentam, respectivamente, a metodologia para a definição de áreas prioritárias para a expansão da internet em banda larga no meio rural e os resultados obtidos para os diferentes públicos.

2.1 Abordagens sobre a demanda por conectividade no meio rural para os diferentes públicos

Diferentes públicos apresentam diferentes demandas por conectividade, bem como capacidade de utilização de serviços proporcionados pela internet (como aplicativos, softwares, etc.). Embora recentemente haja grande movimento do setor agrícola mais tecnificado pelo uso de IoT (Internet das Coisas, em inglês, *Internet of Things*) nas diversas fases do processo produtivo, de armazenamento e de comercialização, há grande disparidade entre este tipo de demanda e as do produtor rural sem ou com pouco acesso não só à internet como a serviços essenciais como Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), saneamento básico, entre outros. Públicos diferentes carecem de estratégias diferentes no que diz respeito a políticas públicas que demandem conectividade no meio rural.

Por exemplo, a chamada “Agricultura 4.0” vem sendo alvo de pesquisas e desenvolvimento de *startups* do setor agrícola. A Agricultura 4.0 ou “Agro 4.0” é termo herdado da “Indústria 4.0”, inovação que teve início na indústria automobilística alemã e atualmente é empregada em diversos segmentos da indústria, que consiste na completa automatização dos processos produtivos (VDMA VERLAG, 2016 *apud* Massruá e Leite, 2017²²).

A Agro 4.0 insere-se na chamada Internet das Coisas (IoT), esta já uma realidade, com máquinas, veículos, eletrodomésticos, *smartphones*, computadores, residências e outras estruturas físicas se conectando à internet para informar sua situação, receber instruções e agir conforme as informações recebidas, o que vem causando uma verdadeira revolução na interação do ser humano com o mundo físico e, portanto, na organização da sociedade contemporânea²³.

²² MASSRUHÁ, S.H.F.S.; LEITE, M.A. de A. Agro 4.0 – rumo à agricultura digital. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, W. T. L. da; VALE, J. M. F. do; PURINI, S. R. de M.; MAGNONI, M. da G. M.; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, E. F.; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I. (Org.). JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017. P. 28-35. Fonte: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1073150&biblioteca=vazio&busca=1073150&qFacets=1073150&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1> (acesso em março/2019).

²³ Como padrão, considera-se Agricultura 1.0 aquela baseada em tração animal para preparo da lavoura; Agricultura 2.0 a que passa a utilizar maquinário agrícola com motor à combustão; Agricultura 3.0 a que se utiliza de sistemas guiados e agricultura de precisão, iniciada na década de 1980 na Europa e EUA, com o desenvolvimento de microcomputadores, sensores, softwares, Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Informações Geográficas (GIS); e Agricultura 4.0 aquela baseada em conteúdo digital, que pressupõe fazendas inteiramente conectadas, interatividade em tempo real, utilização de sensores e automação quase que completa na propriedade.

Vista como caminho inevitável da agricultura, a Agro 4.0 viria com a promessa de uma grande mudança de paradigma da produção agrícola, uma vez que introduziria o elemento previsibilidade numa atividade que, diferentemente da indústria, sempre foi sujeita a intempéries climáticas e outras revezes como pragas e doenças, colocando-a historicamente em posição de desvantagem em relação a outras atividades econômicas no que diz respeito à formação de preços de produtos, formação de capital e alocação de fatores produtivos²⁴.

Na Agro 4.0, tecnologias como redes de sensores, comunicação máquina para máquina (M2M), conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados (*bigdata*) e construção de sistemas de suporte à tomada de decisões em manejo das culturas, são empregadas com o objetivo de elevar os índices de produtividade, aumentar a eficiência do uso de insumos e defensivos agrícolas, reduzir custos com mão de obra e penosidade do trabalho, melhorar a segurança dos trabalhadores rurais, diminuir os impactos ao meio ambiente (Massruhá e Leite, 2017), além de garantir maior qualidade no alimento que chega à mesa do consumidor.

Na era da Agro 4.0 a Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) é a mola propulsora e integradora da inovação dentro e fora da cadeia produtiva, sendo utilizada em atividades como melhoramento genético e bioinformática, na pré-produção; na agricultura de precisão e funcionamento de equipamentos diversos, na produção; e nas melhorias na logística e transporte, na pós-produção.

A inserção do Brasil na era da Agro 4.0 tem sido foco de instituições de naturezas diversas. A Embrapa, por exemplo, vem desenvolvendo aplicativos para potencializar e fortalecer a Agro 4.0 com o intuito de integrar tecnologias, “produzindo conhecimento para que o Brasil continue a ser um protagonista da produção e exportação agropecuária” (Masshuá e Leite, 2017). Universidades também têm se dedicado ao desenvolvimento de tecnologias de automação para a execução de atividades agrícolas, como semeadura, plantio e irrigação, enquanto empresas de máquinas e implementos agrícolas, de drones e sensores vêm oferecendo soluções para a automação no campo²⁵.

A visão de que essa mudança de paradigma na produção agrícola e, consequentemente, no meio rural, é compartilhada com grande entusiasmo pelas empresas de inovação tecnológica, que enxergam clara oportunidade de negócios, concentrados especialmente na fatia de grandes produtores rurais, principalmente voltados à produção de *commodities*, onde o ganho em escala de produção justifica, de forma mais evidente, a automação dos processos de produção, sendo um público mais ávido pela introdução de soluções tecnológicas desta natureza e pouco resistente a mudanças. De acordo com representantes do setor de inovação, cerca de 8% a 10% de propriedades de grande porte no Brasil já têm

²⁴ PARRONCHI. P. Os Pioneiros do desenvolvimento e a Nova Agricultura 4.0: desenvolvimento econômico a partir do campo? Fonte: <https://sep.org.br/anais/Trabalhos%20para%20o%20site/Comunicacoes/141.pdf> (acessado em março/2019).

²⁵ <https://digital.agrishow.com.br/voce-esta-preparado-para-o-futuro-da-agricultura/>

acesso a tecnologias mais modernas²⁶, o que evidenciaria o potencial de crescimento destas tecnologias no futuro da agricultura.

Os grandes produtores rurais, público potencialmente beneficiado mais imediatamente com a consolidação da Agro 4.0, portanto protagonistas desta mudança de paradigma no campo, correspondem a 11% dos estabelecimentos rurais brasileiros, ocupam 187,6 Milhões de hectares (56% da área agrícola) e são responsáveis por 61% do Valor Bruto da Produção (VBP) do agro, considerando os que atuam na agricultura e pecuária (**Tabela 1**). Espacialmente, este público está concentrado na região Centro-Oeste, Sudeste e áreas de expansão no MATOPIBA.

Na esteira dos grandes produtores como potenciais ingressantes da Agro 4.0, estão os médios produtores de alto desempenho, normalmente centralizadores da tendência produtiva do seu entorno, com renda que permite investimentos em inovações que melhorem o desempenho dos seus processos produtivos. Integram este grupo, tanto os médios por dimensão (que possuem áreas com mais de 4 módulos fiscais), quanto os chamados “Familiares-Médios” (familiares que não se enquadram no corte de renda para Pronaf). Este público soma 10% dos estabelecimentos rurais brasileiros, ocupa 22% da área agrícola (73,5 Milhões de hectares) e é responsável por 19% do VBP da agricultura. Dentre as principais atividades deste grupo estão as culturas de maior valor agregado (fruticultura, café), *commodities*, bem como a pecuária integrada à indústria (como suinocultura e avicultura). A cobertura de atendimento por internet banda larga no meio rural é maior e de melhor qualidade nas regiões como este último perfil produtivo.

A aposta das empresas de inovação é de que outros públicos, constituídos por médios produtores rurais de baixo desempenho (normalmente Não Familiares Médios, de acordo com a classificação do IBGE, em grande parte ligados à pecuária extensiva), bem como agricultores familiares inseridos em diversas cadeias produtivas, incluindo a de *commodities*, seriam beneficiados como consequência do ingresso dos primeiros na Agro 4.0. Os Não Familiares Médios correspondem a 5% dos estabelecimentos rurais brasileiros, ocupam 20% da área agrícola e são responsáveis por 11% do VBP da agricultura. Este público está inserido predominantemente em atividades de pouca rentabilidade e baixa produtividade, como a pecuária de corte extensiva e não integrada à indústria. Já agricultura familiar ocupa 22% da área agrícola (cerca de 4,8 milhões de estabelecimentos rurais) e é responsável por 20% do VBP da agricultura.

²⁶ Aidan Connolly, Diretor de Inovação e VP de Contas Corporativas da Alltech Global, em declaração ao Agrishow Digital, canal de conteúdo da Agrishow, feira internacional de tecnologia agrícola, considerada a segunda maior feira do tipo no mundo e a maior da América Latina. <https://digital.agrishow.com.br/voce-esta-preparado-para-o-futuro-da-agricultura/>, acessado em fevereiro/2019.

Tabela 1. Visão geral do número de estabelecimentos, área ocupada e Valor Bruto da Produção dos diferentes perfis de produtores rurais brasileiros

Perfil	Classificação IBGE	ÁREA		NÚMERO ESTABELECIMENTOS		VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO		PRODUTIVIDADE (valor da produção por ha (R\$/ha))
		(milhões de ha)	%	(milhões)	%	(bilhões de reais)*	%	
FAMILIAR	Familiar Pronafiano	72,4	22	4,08	79	61,08	20	844
MÉDIOS	Médio produtor Familiar Não Pronafiano	7,6	2	0,28	5	25,9	8	3.413
	Médio produtor Não Familiar	65,9	20	0,28	5	34,6	11	525
GRANDES	Outras classes	187,6	56	0,58	11	186,6	61	995
Total		333,5		5,22		308		844

Fonte: elaboração própria, com base no Censo Agropecuário 2006

Exemplo de iniciativas no âmbito da Agro 4.0 voltadas ao público de médios e agricultores familiares é o sistema Roda da Produção⁹, da Embrapa Informática Agropecuária em parceria com a Embrapa Pecuária Sudeste, um aplicativo móvel para auxiliar no gerenciamento de rebanhos leiteiros, principalmente em propriedades produtoras de pequeno e médio porte. O sistema visualiza o plantel como um todo a partir de informações sobre o estágio produtivo e reprodutivo de cada animal, permitindo ao produtor a identificação de prováveis incorreções, e seus respectivos ajustes, por meio da interferência no manejo e sanidade do rebanho. O aplicativo faz parte do Programa Balde Cheio da Embrapa.

Outras ferramentas computacionais criadas por esta instituição e que podem beneficiar não apenas grandes produtores, mas também médios e agricultores familiares, são as que auxiliam no combate a problemas fitossanitários. O objetivo dessas ferramentas é reduzir o tempo necessário para que as primeiras ações no campo sejam colocadas em andamento, especialmente na ausência de um especialista. O Sistema Diagnose Virtual²⁷, desenvolvido sob liderança da Embrapa Informática Agropecuária com vários parceiros, foi elaborado para diagnóstico de doenças de plantas via internet, a fim de subsidiar decisões sobre o manejo de doenças, possibilitando o uso racional de agrotóxicos.

Estas iniciativas, embora possam ser apropriadas por agricultores familiares e médios produtores, carecem de estratégias mais amplas de inclusão digital no campo para serem adotadas. A questão da inclusão digital para esse público, recente e ainda pouco explorada, foi tema do 1º Simpósio Brasileiro de Agricultura Familiar 4.0, realizado em novembro de 2018 em Teresópolis (RJ). Dentre os principais desafios para a inclusão deste público na era Agro 4.0 discutidos no evento estão: (i) acesso à internet no meio rural; (ii) engajamento da comunidade *open source*²⁸ na elaboração de aplicativos voltados a este público; (iii)

²⁷ Disponível em: <http://www.diagnose.cnptia.embrapa.br/diagnose/>

²⁸ “Open Source” ou código aberto, se refere à elaboração de softwares livres (via compartilhamento e melhoria colaborativa de códigos-fonte de softwares) como alternativa a softwares comerciais, menos acessíveis a este público.

fortalecimento de políticas públicas para fomento de *startups*; (iv) desenvolvimento de produtos mais adequados ao contexto socioeconômico da AF; (v) facilitação na aquisição de dispositivos e aplicativos, já que muitos produtos são importados; (vi) fomento a indústria local; (vii) encurtamento entre as necessidades das pequenas propriedades e as TIC que efetivamente estão disponíveis para uso²⁹ ; (viii) dificuldade de acesso à informação por agricultores com baixa familiaridade com as tecnologias digitais e falta de sistemas de informação específicos para esse público³⁰.

Quanto a esta última limitação, é interessante mencionar a iniciativa do Projeto CoDAF - Competências Digitais para Agricultura Familiar, da UNESP/Tupã, que tem como objetivo proporcionar alternativas para minimizar os fatores que dificultam o acesso à informação por parte de agricultores familiares, por meio de cursos e oficinas para desenvolver competências técnicas e informacionais, vídeo-aulas além de disseminação de informações e conteúdo para a AF através de seu Portal.

Considerações sobre os diferentes focos para diferentes públicos com relação à conectividade:

Grandes produtores: esse público tem a possibilidade de acesso à conectividade por iniciativa própria. O foco deve ser dado no aumento da produtividade via previsibilidade da produção (previsão de quebra de safra, acesso a seguro agrícola), automação dentro da porteira (agricultura de precisão, controle fitossanitário) e fora da porteira (rastreamento do produto até centros consumidores).

Agricultores familiares: para grande parte desse público há necessidade de conectividade fomentada via políticas públicas. O foco deve estar na inclusão digital via acesso à informação (incluindo educação e ATER virtual), controle da produção dentro da porteira (aplicativos para controle fitossanitário e monitoramento da produção), comunicação e organização econômica de produtores para a comercialização (acesso a mercados; redefinição de relações entre produtores, consumidores e pequenos varejistas; aumento do circuito de cadeias curtas; venda de produtos pela internet, formação de grupos de interesse, etc.).

Médios produtores: esse público acompanha as tendências do entorno, sendo mais semelhantes ao perfil dos familiares ou dos grandes dependendo da região em que está inserido. As estratégias para o médio e o grau de necessidade de fomento via políticas públicas variam em função dessas características geográficas, das cadeias produtivas e de sua eficiência. Médios pouco eficientes (em geral vinculados à pecuária extensiva) são mais dependentes de ações de fomento governamental para conectividade no meio rural do que os mais eficientes inseridos em cadeias produtivas de alto valor agregado.

²⁹ *Open Source e Open Platform*: potenciais catalisadores para uso de Internet das Coisas de baixo custo na Agricultura Familiar. 1º Simpósio de Agricultura Familiar 4.0. Apresentação de Fernando de Assis Rodrigues.

³⁰ CoDAF - Competências Digitais para Agricultura Familiar. Disponível em: <http://codaf.tupa.unesp.br/> Acessado em fevereiro/2019.

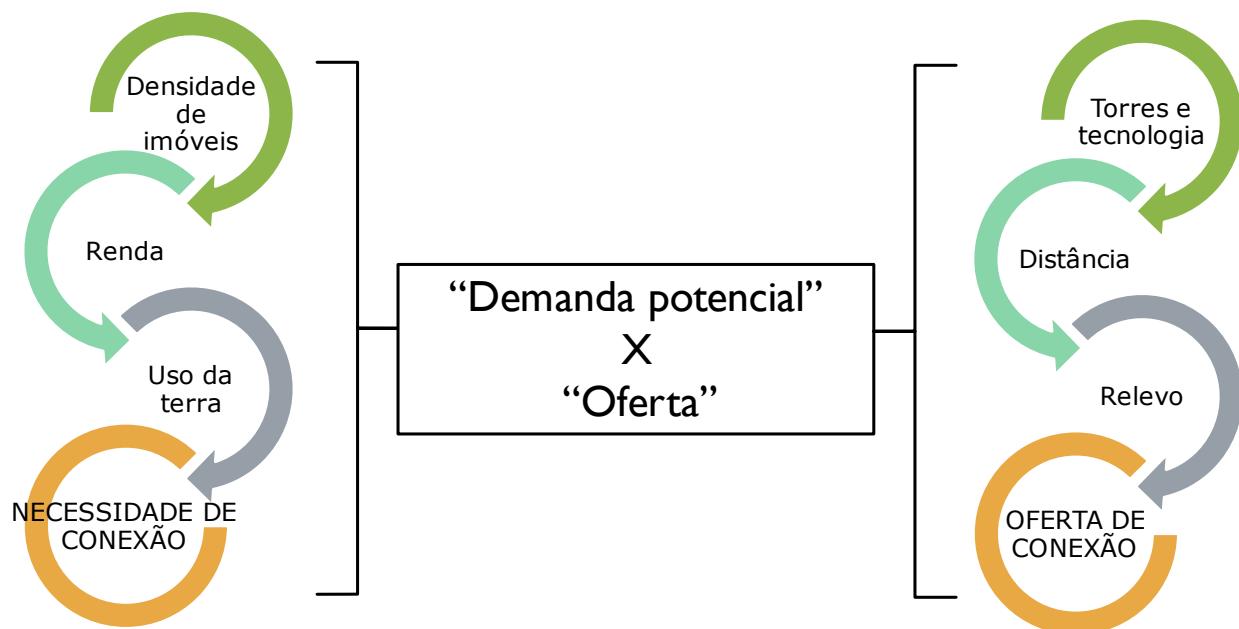
2.2 Avaliação de estratégias de intervenção

Com base nas considerações apresentadas acima, foi realizada uma análise territorial para priorização de ações e políticas públicas sobre conectividade no meio rural.

Para vincular a intensidade de sinal calculada a partir do modelo ITM com as respectivas ações a serem feitas para a melhoria da conectividade no campo, outras informações foram incorporadas à análise, classificando hierarquicamente os locais prioritários por implantar essa tecnologia.

O princípio de análise adotado foi o de comparar espacialmente a DEMANDA e a OFERTA de conexão digital 4G (Figura 5), selecionando variáveis e modelos que representassem cada uma dessas dimensões de modo robusto e com abrangência nacional e que possibilassem traçar recomendações de intervenção segundo sua origem pública ou privada e prioridade de ação).

FIGURA 5. ANÁLISE TERRITORIAL DA CONECTIVIDADE PROXY DEMANDA X OFERTA



2.2.1 Demanda potencial de conectividade

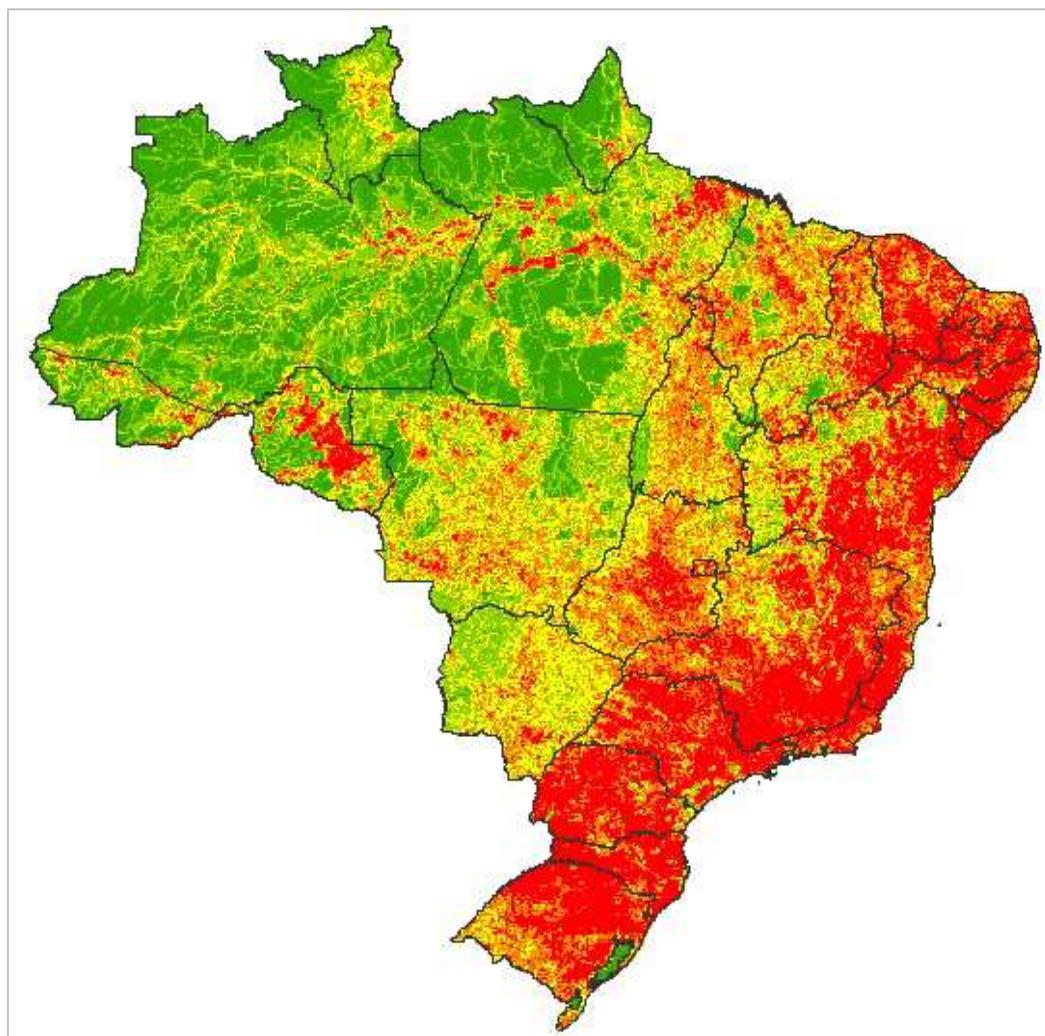
A demanda potencial de conectividade foi desenvolvida a partir da modelagem e o processamento de 3 informações apresentadas na Figura 5.

A primeira dessas informações consistiu na densidade de imóveis rurais em cada ponto do país. Esta análise parte do pressuposto que uma maior concentração de imóveis rurais (portanto, maior densidade de pagadores pelo serviço de internet) é um estímulo ao oferecimento deste serviço pelas operadoras, necessitando menores investimentos e ações governamentais quando inserido em regiões de bom desenvolvimento econômico, ou, no

caso de regiões de baixa renda, ainda depender de políticas complementares para estimular o consumo das famílias.

A partir de uma subdivisão do território em um *grid* de 5km por 5km, este indicador quantifica a concentração de imóveis rurais em cada localidade, sendo adequado para apontar a expectativa de público alvo para a eventuais serviços que possam ser implementados, como a adição de novas estações ou a manutenção de antenas existentes, por exemplo. Para cálculo da densidade de imóveis foi utilizada a malha fundiária brasileira espacialmente explícita oriunda da integração de todos os cadastros digitais fundiários existentes, incluindo CAR, SIGEF, áreas protegidas, etc. A metodologia completa de integração de dados fundiários e preenchimento de vazios através de simulação estatística e espacial é um produto exclusivo da equipe de modelagem do GPP/Geolab. A densidade de imóveis foi inicialmente calculada como o número absoluto de imóveis em cada quadrado do grid de 5x5km, mas posteriormente foi reclassificada em cinco classes (desde 1 = menor densidade até 5 = maior densidade) a partir dos percentis da distribuição dos dados (Figura 6).

FIGURA 6. DENSIDADE DE IMÓVEIS RURAIS NO BRASIL RECLASSIFICADOS EM CINCO CLASSES, CUJAS CORES VARIAM DE VERDE (MENOR DENSIDADE) À VERMELHO (MAIOR DENSIDADE)



A segunda dessas informações foi a renda dos estabelecimentos rurais, que pode indicar regiões mais propensas a aderirem por serviços privados de telecomunicação e também regiões mais carentes, onde a intervenção pública pode auxiliar no processo de inclusão. Para esta variável foi utilizado o percentual de estabelecimentos agropecuários com renda inferior a dois salários mínimos. Essa informação foi reorganizada em classes, a partir dos percentis dos dados (Figura 7).

Essa variável foi concebida no contexto do projeto “*Análise Territorial e Políticas para o Desenvolvimento Agrário*”³¹, que em sua versão original assumia como referência de cálculo o número de habitantes extremamente pobres da zona rural, de acordo com o Censo Demográfico 2010. Para aproximar a variável do contexto de produção agropecuária, foi incorporada a metodologia de segmentação de grupos de renda a partir dos dados do Censo Agropecuário de 2006 proposta por Alves et al. (2010)³², também já aplicada em estudos de análise territorial conduzidos no então Ministério da Integração Nacional e no MAPA³³. Alves et al. (2010) sugerem categorizar os estabelecimentos agropecuários nos seguintes grupos: (i) maior que zero e até 02 salários mínimos mensais: Categoria Muito Pobres; (ii) maior que dois e até 10 salários mínimos mensais: Categoria Pobres; (iii) maior que 10 e até 200 salários mínimos mensais: Categoria Classe Média e (iv) maior que 200 salários mínimos mensais: Categoria Ricos. As categorias de renda são obtidas a partir de recorte específico de dados sobre a variável [Valor Total da Produção].

Uma vez obtida a distribuição de número de estabelecimentos por categoria de renda proposta por Alves et al. (2010), a definição da classe municipal de desenvolvimento seguiu a mesma sequência de operações utilizada na análise do número de habitantes extremamente pobres na população rural (metodologia original), tomando-se, entretanto, como variável de referência o número de estabelecimentos com renda mensal de 0 a 2 salários mínimos.

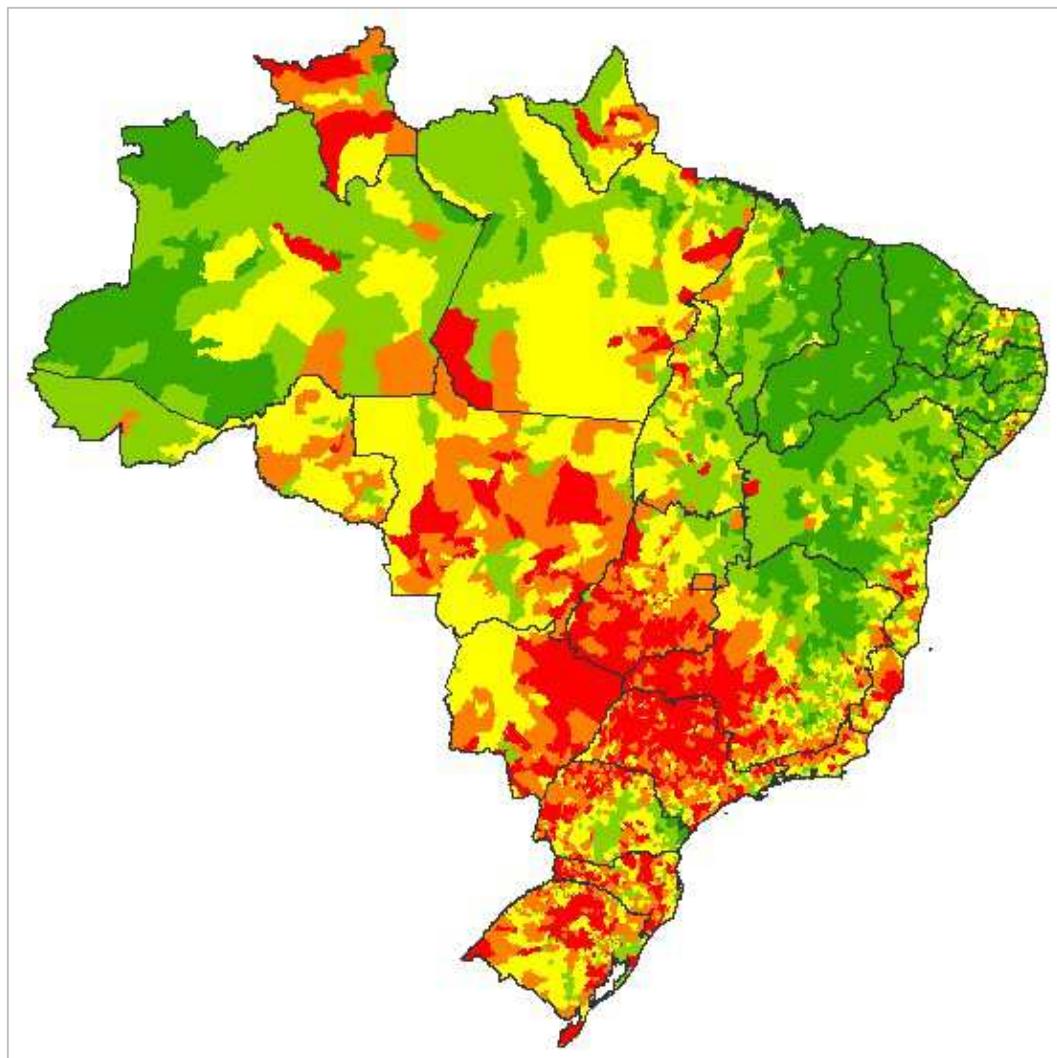
A definição das categorias se deu pela seguinte sequência de operações: (i) os municípios de foram ranqueados em ordem decrescente de porcentagem de estabelecimentos agropecuários Muito Pobres; (ii) seguindo a ordem ranqueada, os municípios que acumularam até 1/3 do total dos estabelecimentos Muito Pobres foram categorizados como de baixa renda; (iii) seguindo a ordem ranqueada, os municípios que acumularam de 1/3 a 2/3 dos estabelecimentos Muito Pobres foram categorizados como de média renda; e, (iv) seguindo a ordem ranqueada, os municípios que acumularam acima de 2/3 do total dos estabelecimentos Muito Pobres foram categorizados como de alta renda (Figura 7).

³¹ Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/10/001 - “Agenda do Desenvolvimento – NEAD/MDA”, disponível em: <http://www.iicabr.iica.org.br/publicacoes/analise-territorial-e-politicas-para-o-desenvolvimento-agrario/>

³² ALVES, E., ROCHA, D. P. *Ganhar Tempo é Possível?* In: Gasques, José Garcia, Filho, José Eustáquio Ribeiro Vieira (org.). A Agricultura Brasileira: Desempenho, Desafios e Perspectivas, Brasília, IPEA, p.275-289, 2010.

³³ “*Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil*”, 2014. Projeto de Cooperação Técnica IICA/BRA/08/002, executado pela Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. In: <http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/FEALQ-An%C3%A1lise-Territorial-Agricultura-Irrigada.pdf>

FIGURA 7. VARIÁVEL RENDA UTILIZADA NO ESTUDO. O MAPA POSSUI CINCO CATEGORIAS, QUE VARIAM DESDE BAIXA RENDA (VERDE ESCURO) ATÉ ALTA RENDA (VERMELHO ESCURO)



A terceira e última informação incorporada foi o uso do solo, cuja fonte é a integração de múltiplos levantamentos secundários de sensoriamento remoto do país na sua versão mais atual e mais detalhada possível, incluindo MAPBIOMAS, LAPIG, PRODES, CANASAT, PROBIO, entre outros.

O mapa integrado de uso da terra do Brasil é um produto único ainda sob testes de consolidação resultado de uma ampla compilação e harmonização de levantamentos de sensoriamento remoto realizados no Brasil. A versão aqui apresentada é uma atualização da compilação apresentada em Sparovek et al. 2015³⁴ e foi realizada em parceria entre GEOLAB (USP/Esalq) e a organização não governamental Imaflora³⁵, por uma equipe interdisciplinar de pesquisadores.

³⁴ Sparovek, Gerd; Barretto, Alberto Giaroli de Oliveira Pereira; Matsumoto, Marcelo; Berndes, Göran. Effects of Governance on Availability of Land for Agriculture and Conservation in Brazil. **Environmental Science & Technology**, v. 49, p. 10285-10293, 2015.

³⁵ Ver: www.imaflora.org/atlasagropecuario.

Esta variável auxilia a diferenciar as áreas alvo do objetivo do estudo – ou seja, aquelas onde há produção agrícola e pecuária – daquelas onde a finalidade do uso do solo é a conservação de vegetação nativa. As três classes são apresentadas na Figura 8.

FIGURA 8. MAPA DE USO DO SOLO UTILIZADO NO ESTUDO



*O MAPA APRESENTA VEGETAÇÃO NATIVA (VERDE), AGRICULTURA (AMARELO) E PASTAGEM (MARROM)

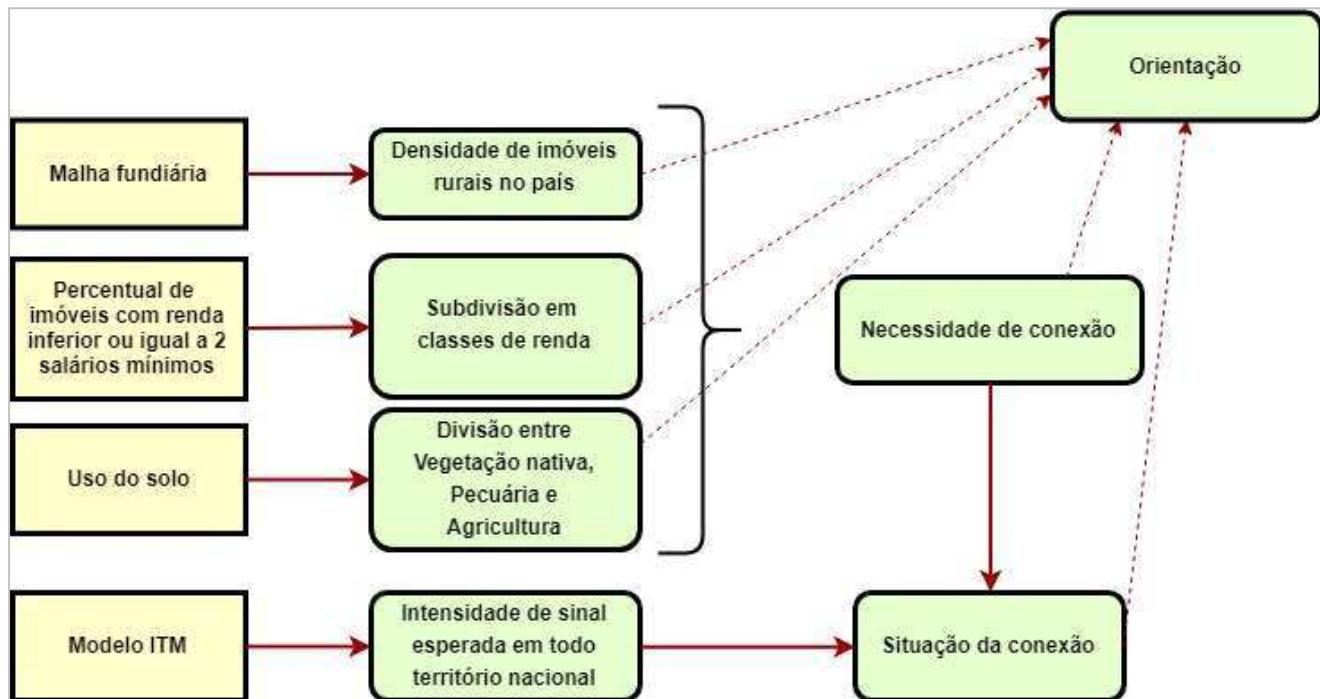
A ponderação dos três fatores mencionados acima permitiu a obtenção de uma variável indicadora da **necessidade de conexão** de acordo com os objetivos do projeto.

2.2.2 Metodologia de análise

A metodologia utilizada é descrita suscintamente na Figura 9.

O cruzamento desta variável indicadora da **necessidade de conexão** com a intensidade predita de sinal possibilitou a avaliação da **situação atual da conexão**. Por fim, a combinação dos indicadores socioeconômicos indicou espacialmente as **alternativas de intervenção adequadas para cada caso**.

FIGURA 9. FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA UTILIZADA



*OS QUADRADOS AMARELOS REPRESENTAM DADOS BRUTOS E OS VERDES, OS DADOS PROCESSADOS

O resultado da combinação das variáveis de caracterização rural irá gerar as Classes Territoriais, que deverão refletir os diferentes aspectos considerados, tais como a predominância a dinâmica fundiária (fragmentada ou não), o nível de renda do espaço rural e o uso da terra mais intensivo ou menos intensivo, implicando em diferentes graus de demanda por serviços de conexão.

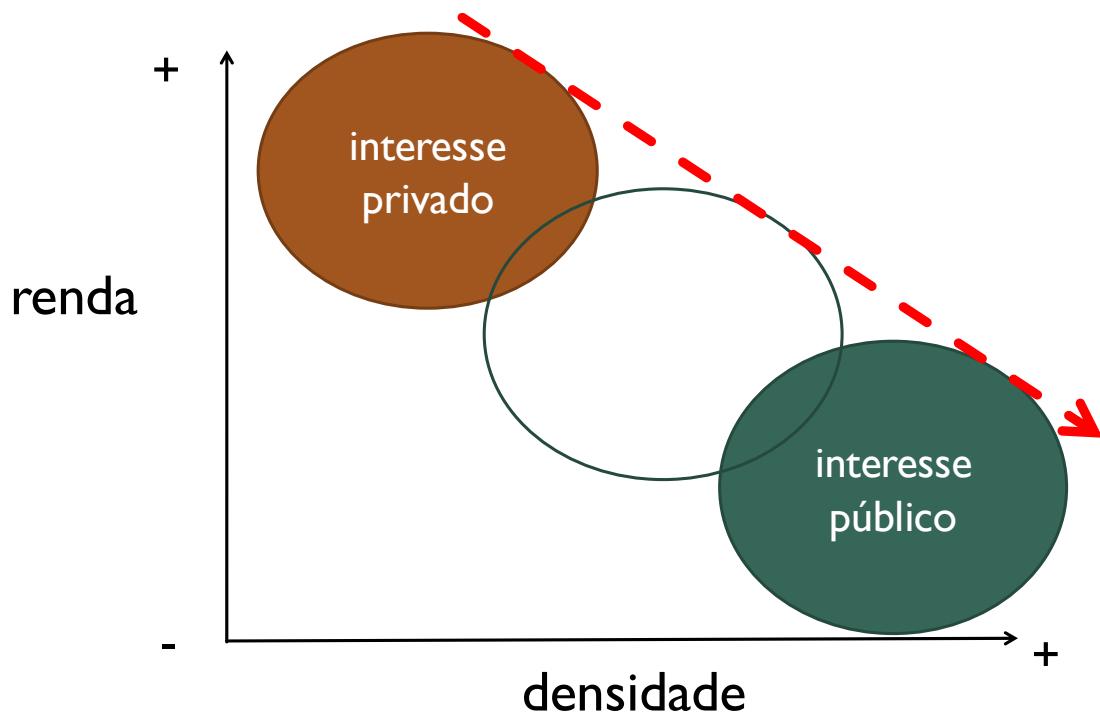
Os territórios gerados e a quantificação da dimensão das áreas que integram os mesmos possibilitam traçar linhas gerais para o direcionamento e priorização da aplicação de políticas e seus instrumentos, elegendo grupos de ações que devem ser direcionadas para cada território, devidamente descrito e tipificado. Não foram exploradas todas as combinações possíveis de categorias, desprezando-se aquelas sem significância territorial ou de menor importância para a temática principal do estudo. Isto deve auxiliar no processo de síntese,

evitando-se análises meramente teóricas. O **Quadro 1** apresenta a lógica adotada na combinação das variáveis no modelo de análise territorial.

A estrutura lógica de combinação de variáveis baseia-se em modelo de análise territorial desenvolvido no âmbito de diversos projetos de abrangência nacional. As classes territoriais, bem como o peso relativo de cada uma das dimensões, foram aqui trabalhadas no sentido de: (i) selecionar as combinações efetivamente relevantes para a dinâmica da conectividade, e (ii) agrupar classes territoriais, de modo que seja viável a inserção complexa dos fatores relacionados à demanda pelos serviços de conexão.

O princípio adotado foi comparar espacialmente a DEMANDA ($proxy = f(densidade, renda e uso da terra)$) e a OFERTA (modelo ITM) de conexão digital, selecionando variáveis e modelos que representassem cada uma dessas dimensões de modo robusto e com abrangência nacional e que possibilidadessem traçar recomendações de intervenção segundo sua origem pública ou privada e prioridade de ação (Figura 10). O **Quadro 2** mostra a interpretação de cada classe de Orientação.

FIGURA 10. PRINCIPIO DE INTERVENÇÃO PROPOSTO. A NECESSIDADE DE PARTICIPAÇÃO DO PODER PÚBLICO AUMENTA EM LOCAIS COM MENOR RENDA E MAIOR DENSIDADE DE IMÓVEIS RURAIS



Quadro 1. Lógica de combinação das variáveis básicas do modelo*

DENSIDADE DE IMÓVEIS	RENDA	USO (intensidade)	CONECTIVIDADE	NECESSIDADE DE CONEXÃO	SITUAÇÃO	ORIENTAÇÃO = $f(\text{densidade, uso, renda, situação})$
ALTA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
ALTA	ALTA/MÉDIA	ALTA	BAIXA	ALTA	DEFICITÁRIA	INTERESSE DE INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PRIVADA*
ALTA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
ALTA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	DEFICITÁRIA	INTERESSE DE INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PRIVADA*
ALTA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
ALTA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	DEFICITÁRIA	INTERESSE DE INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PRIVADA*
ALTA	BAIXA	ALTA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
ALTA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA	DEFICITÁRIA	INTERESSE PRA INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PÚBLICA
ALTA	BAIXA	MÉDIA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
ALTA	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	DEFICITÁRIA	INTERESSE PRA INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PÚBLICA
ALTA	BAIXA	BAIXA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	SUPERAVITÁRIA	REDIMENSIONAMENTO
ALTA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ALTA/MÉDIA	ALTA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	ALTA	BAIXA	ALTA	DEFICITÁRIA	FOMENTO DE INTERESSE PRIVADO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	DEFICITÁRIA	FOMENTO DE INTERESSE PRIVADO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	SUPERAVITÁRIA	REDIMENSIONAMENTO
MÉDIA/BAIXA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	ALTA	ALTA/MÉDIA	MÉDIA	ESTAVEL	MONITORAMENTO
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	ALTA	BAIXA	MÉDIA	DEFICITÁRIA	INTERESSE PRA INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE PÚBLICA
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	SUPERAVITÁRIA	REDIMENSIONAMENTO
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	MÉDIA	BAIXA	BAIXA	ESTAVEL	OUTRAS ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	BAIXA	ALTA/MÉDIA	BAIXA	SUPERAVITÁRIA	REDIMENSIONAMENTO
MÉDIA/BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	ESTAVEL	OUTRAS ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO

* combinação com renda média resulta em classe de interesse compartilhada entre intervenção pública e privada

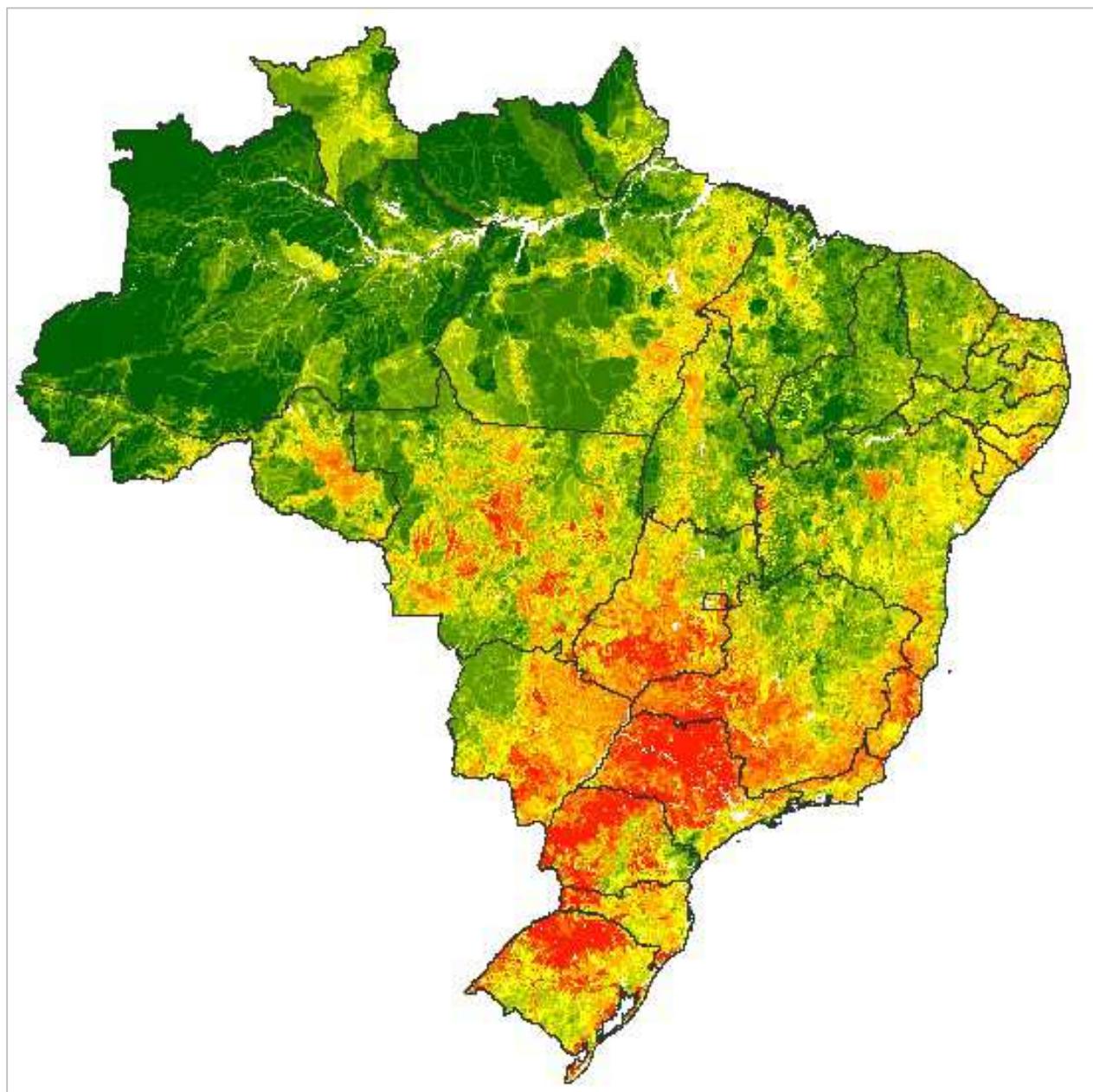
Quadro 2. Descrição das classes de orientação (intervenção para cada situação)

Designação	Interpretação
Interesse de intervenção predominantemente pública	A combinação de baixa renda, alta densidade de imóveis e usos agropecuários de alta ou média intensidade demandam ao mesmo tempo conectividade para inserção social e inserção produtiva. Entretanto, a baixa renda não favorece a intervenção espontânea da iniciativa privada e sugere um papel maior do Estado para criar condições básicas de infraestrutura, de modo que, numa fase posterior de um processo contínuo de desenvolvimento, tais regiões possam se tornar atrativas para investimentos privados. A combinação da conectividade a outras políticas públicas de apoio focalizadas nas populações mais suscetíveis socialmente é interessante para gerar sinergia e melhor aproveitamento dos recursos investidos.
Interesse de intervenção predominantemente privada	Em oposição à classe anterior, regiões de renda alta ou média, alta densidade de imóveis e alta intensidade nos usos agropecuários indicam um ambiente favorável para a iniciativa privada buscar oportunidades de expansão e melhoria na oferta de serviços com maior probabilidade de sucesso no médio e longo prazos. A presença da intervenção pública é acessória e complementar, no sentido de não impor restrições administrativas de difícil solução e em participar para destravar processos de parceria público privadas ou qualquer outra forma de atuação conjunta.
Interesse compartilhado de intervenção pública e privada	Regiões de renda baixa, porém que já apresentam uma parcela maior dos estabelecimentos inseridos em dinâmicas produtivas de mercado, com maior geração de renda. São territórios que configuram um momento de transição entre o predomínio da iniciativa privada e a fase de investimentos básicos em infraestruturas de caráter predominantemente público. Tais regiões são estratégicas para alcançar saltos em desenvolvimento com menores investimentos em relação a regiões de muito baixa renda. Qualquer intervenção deve ser combinada com outras políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural, tais como ATER, crédito, incentivo ao cooperativismo e transferência de tecnologia.
Fomento de interesse privado	Regiões com baixa densidade de imóveis e com baixa concentração de pobreza rural, mas que ainda não possuem serviços de conexão, em função de uma localização mais isolada. São ambientes não prioritários de intervenção pública, mas que podem favorecer a busca de soluções em conectividade pela iniciativa privada (ex. telefonia satelital).
Monitoramento	Regiões que apresentam provável equilíbrio em termos de oferta e demanda de serviços de conexão, segundo as variáveis consideradas no modelo de análise territorial. A recomendação é de monitoramento e de análise caso a caso, para verificação se a região em questão se encontra em uma das classes anteriores.
Redimensionamento	Regiões em que há provável ociosidade nos serviços de conexão móvel, que podem ser explicados pelo dimensionamento de estruturas visando o aumento da demanda no médio e longo prazo. Assim como na classe de monitoramento é fundamental a combinação de outras variáveis no processo decisório de intervenção, de modo a alcançar uma avaliação precisa da necessidade ou não de intervenção de redimensionamento dos sistemas de conexão disponíveis.
Outras estratégias de desenvolvimento	A conectividade nessas regiões ainda não é um fator restritivo ou favorecedor de desenvolvimento rural, quer seja em função da muito baixa densidade de imóveis e, portanto, de usuários potenciais, quer seja em função de um uso da terra dedicado exclusivamente a conservação ambiental. Nesses casos, bem como no monitoramento de fronteiras, as soluções a serem colocadas estão ligadas a planos de controle e governança do território, que fogem do escopo específico de fomento ao setor agropecuário.

2.2.3 Resultados de análise

A camada de necessidade de conexão é o primeiro resultado obtido a partir do cruzamento da malha fundiária, das classes de renda e do uso do solo (Figura 11). O cálculo realizado foi a média aritmética da reclassificação dos valores no intervalo de 1 a 5, na qual os valores variam de baixa necessidade (verde) até alta necessidade (vermelho).

FIGURA 11. MAPA DE NECESSIDADE DE CONEXÃO*



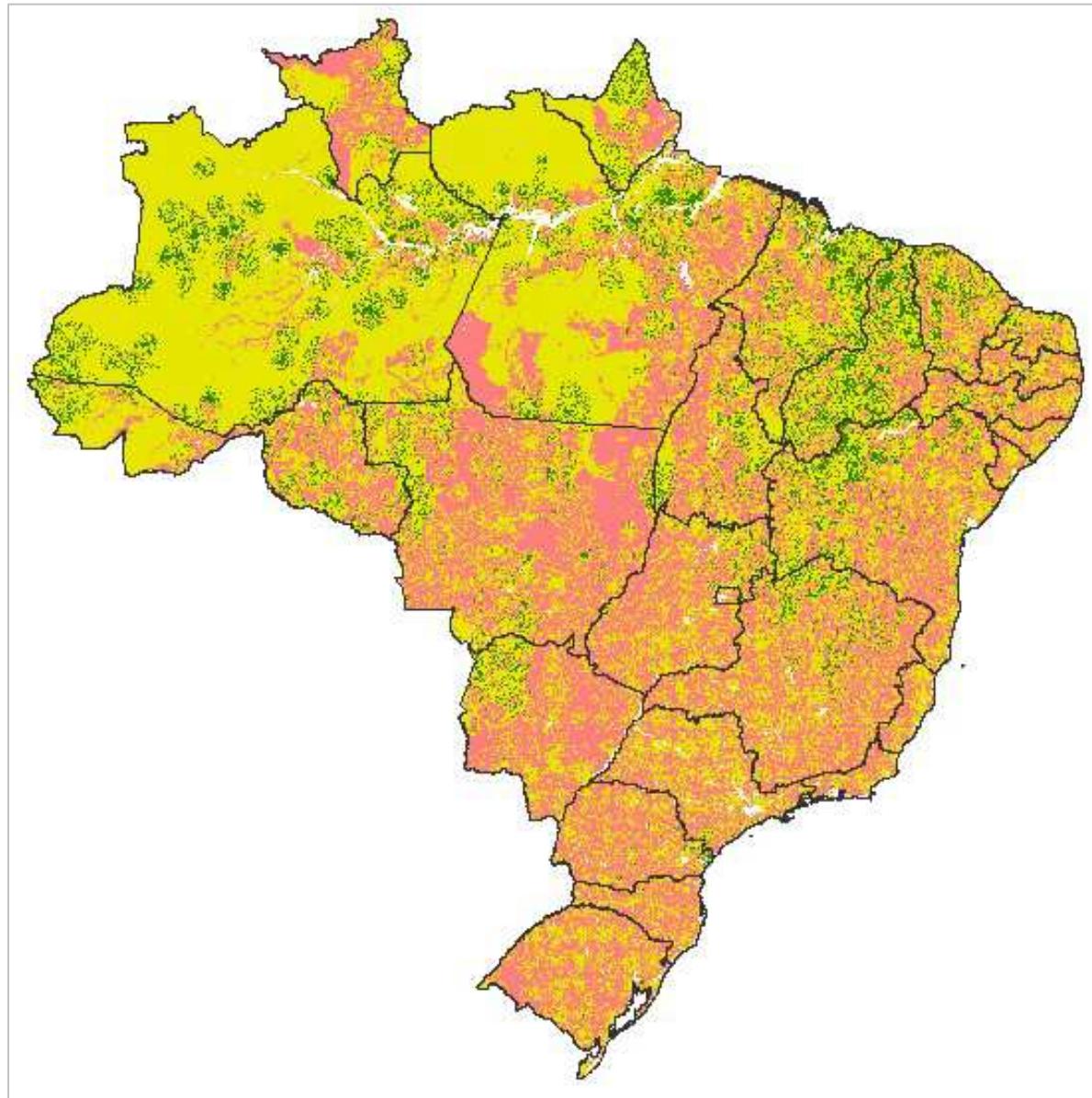
*Os valores variam de baixa necessidade (verde) até alta necessidade (vermelho)

Como decorrência do método adotado para geração do mapa de necessidade de conexão, nota-se um padrão de maior demanda por conexão em áreas agrícolas de alta renda e onde existe uma maior densidade de público pelos serviços de telecomunicação. O mapa de necessidade de conexão, no entanto, é insuficiente para identificar plenamente as alternativas de gestão, pois trata-se de uma camada de demanda, que necessita de

cruzamento com a respectiva oferta (**Figura 3**, direita), para avaliação da suficiência atual dos sistemas existentes.

A esse processamento, deu-se o nome de situação da conexão, cujo resultado é apresentado na **Figura 12**. Os pontos vermelhos representam déficit de conexão, enquanto os amarelos representam estabilidade e os verdes, ociosidade do sistema.

FIGURA 12. MAPA DE SITUAÇÃO DE CONEXÃO*

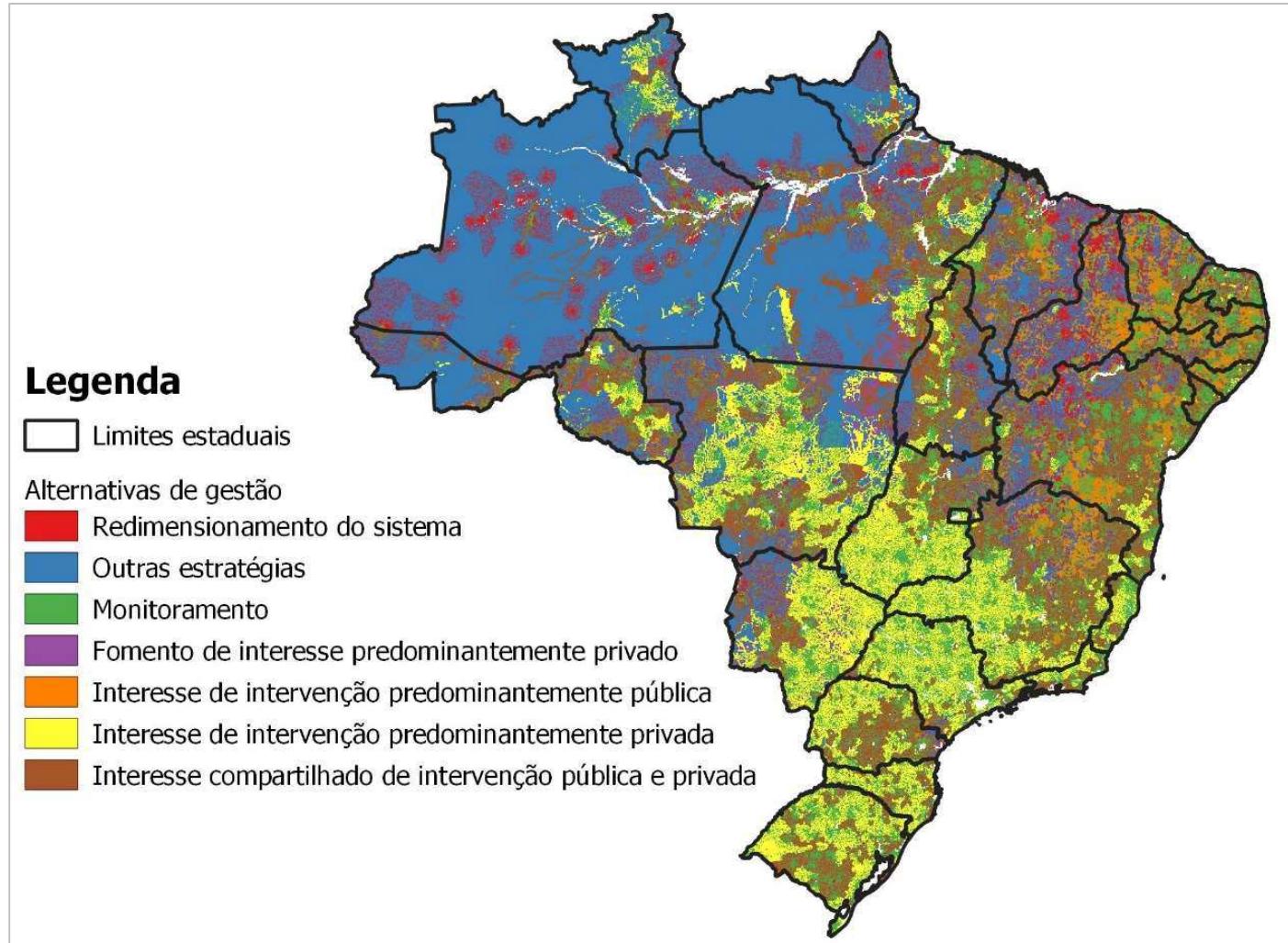


**Os pontos rosados representam déficit de conexão, enquanto os amarelos representam estabilidade e os verdes, ociosidade do sistema*

O resultado indica padrões regionais importantes. Apesar do Sul e Sudeste possuírem alta demanda por serviços, em muitos casos possuem disponibilidade suficiente para suprir as necessidades existentes. Nesses casos, o sistema encontra-se em equilíbrio e não são necessárias novas intervenções.

Por outro lado, nas regiões onde há déficit, a melhor intervenção a ser feita pode depender da capacidade de compra dos proprietários em cada região. A generalização dessa lógica pode ser feita justamente a partir do cruzamento dos mapas disponíveis, o que possibilita uma detecção fina dos contrastes socioeconômicos existentes no território. Na Figura 9 o produto resultante é denominado mapa de orientação para gestão (**Figura 13 e Tabela 2**).

FIGURA 13. MAPA DE ORIENTAÇÃO PARA GESTÃO



O mapa de orientação para gestão e a respectiva tabulação indicam maior necessidade de intervenção pública, sobretudo no Nordeste, resultado possivelmente induzido pelos indicadores de baixa renda presentes em alguns locais na região. Por outro lado, os esforços privados se mostraram alocados à região Centro-Oeste.

A análise também resultou em uma grande área nacional de regiões de interesse compartilhado, com uma leve concentração na região Norte. Conforme já apresentado, essas regiões são estratégicas e a solução para a conectividade nesses locais pode prover da combinação entre investimentos privados e o desenvolvimento de políticas públicas.

O resultado da classificação territorial aqui apresentado deve passar por um escrutínio com variáveis de controle e análise de outras combinações possíveis a medida que seja adotada como referência para tomada de decisão em escalas detalhadas. Entretanto, em escalas generalizadas, assume-se a metodologia como potencialmente aplicável para definição de

estratégias de priorização territorial de ações. O passo seguinte a consolidação da classificação será a definição de quais soluções técnicas são adequadas para aplicação em cada uma das categorias mapeadas, considerando além das variáveis de renda, densidade de imóveis e uso da terra, o perfil de produção e o que existe de factível em termos de conectividade rural hoje no país.

TABELA 2. ÁREA OCUPADA PARA CADA ORIENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA CONECTIVIDADE NO MEIO RURAL (KM²)

Região	Redimens.	Outras estratégias	Monitoram.	Fomento (predomínio Privado)	Interesse (predomínio Pública)	Interesse (predomínio Privada)	Interesse compart.
Norte	306.304	2.532.420	279.830	32.856	11.983	141.624	462.997
Nordeste	216.302	352.604	417.303	2.225	219.034	25.984	303.709
Sudeste	26.132	48.541	335.134	1.948	38.633	263.963	186.913
Sul	3.632	8.180	194.269	555	1.189	191.846	149.590
Centro-Oeste	58.669	318.089	386.991	70.970	3.902	484.692	271.967

A lacuna de conhecimento explorada neste foi a orientação regionalizada quanto às ações para a conectividade no meio rural. As análises permitiram caracterizar os diferentes perfis de produtores rurais (quanto à área, renda, densidade de propriedades e uso do solo), sendo possível, através do cruzamento dessas variáveis com a distribuição espacial da conexão em banda larga obtida via modelagem, propor estratégias regionalizadas. Essa abordagem fornece dados relevantes e inéditos sobre o território nacional, sendo considerada aplicável para a priorização territorial de ações. Os resultados dessas análises podem servir de base para a elaboração de novo Decreto com estabelecimento de áreas prioritárias de ação, atendendo às recomendações do TCU (2018).

3 ESTIMATIVA DO NÚMERO DE ANTENAS PARA AUMENTAR A CONECTIVIDADE NO MEIO RURAL

Para complementar o trabalho está sendo apresentada uma proposta para expandir a conectividade via telefonia móvel 4G para o meio rural. Nessa etapa foi estimado o número mínimo de antenas para essa ampliação dando enfoque principal para as áreas de maior demanda de conectividade estimada em função da densidade de imóveis, a renda e a intensidade de uso da terra, seguindo o princípio geral de que quanto maior a renda, maior a densidade e maior a intensidade, maior será a demanda por conectividade. Com isso espera-se uma alocação que maximize os ganhos potenciais de resposta em termos de produtividade agropecuária.

A simulação da instalação de novas antenas no território precisa considerar diferentes fatores que no mundo real podem afetar uma antena de fato instalada. Os principais fatores considerados nessa simulação foram: 1) o relevo do terreno, que pode influenciar na existência de obstáculos entre transmissão-recepção, e, 2) a distância da nova antena à rede de antenas já existentes, pois maiores distâncias podem acarretar maiores custos.

A simulação da criação de novas antenas foi feita em duas etapas. Primeiro, simulou-se a situação em que as torres já existentes por outros motivos (p.ex., televisão, Polícia Rodoviária etc.) fornecessem sinal 4G. Em seguida, simulou-se também a inclusão de novas antenas no território, criadas a partir de condições adequadas de localização visando maximizar a cobertura de áreas com necessidade de conexão.

Em ambos os casos, da criação de novas antenas foi feita em duas etapas. A Etapa 1 consistiu no cálculo a partir de uma série de procedimentos definidos em conjunto com especialistas para simular a cobertura de uma nova antena no território. Esta etapa foi necessária para agilizar o processamento, uma vez que simular a adição de maneira realística pelo Irregular Terrain Model (ITM) é computacionalmente custoso. A Etapa 2 foi a aplicação do modelo ITM para o resultado obtido, visando checar e a adequabilidade dos procedimentos adotados. Maior detalhe é dado aos procedimentos nas seções seguintes.

3.1 Etapa 1: procedimentos para simular a adição de uma nova antena

Para analisar a escolha dos locais para a implantação das antenas foi desenvolvido um algoritmo computacional que requer um elevado poder computacional para processamento, a rotina foi implementada dentro do cluster Euler³⁶.

O algoritmo geral de forma sucinta é apresentado abaixo:

Algoritmo 1. Adição de novas antenas na paisagem

³⁶ Pesquisa desenvolvida com utilização dos recursos computacionais do Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), financiados pela FAPESP (proc. 2013/07375-0).

1. Parte de um conjunto inicial de pontos (“antenas candidatas”)
2. Para cada uma das antenas candidatas:
 - 2.1. Estima aproximadamente a área de cobertura do sinal
 - 2.2. Calcula o acréscimo de necessidade de conexão por unidade de área
 - 2.3. Reordena as antenas candidatas a partir do acréscimo de conexão (decrescente)
 - 2.4. Seleciona a antena de maior potencial
 - 2.4.1. Calcula, para antenas adjacentes, a altitude e a distância da rede existente
 - 2.4.2. Seleciona a antena de um local simultaneamente mais alto e próximo da rede
 - 2.5. Adiciona a antena selecionada em (2.4.2) às existentes e remove das candidatas
 - 2.6. Considera que a área de cobertura da nova antena agora possui sinal pelo menos médio
 - 2.7. Retorna para (2)

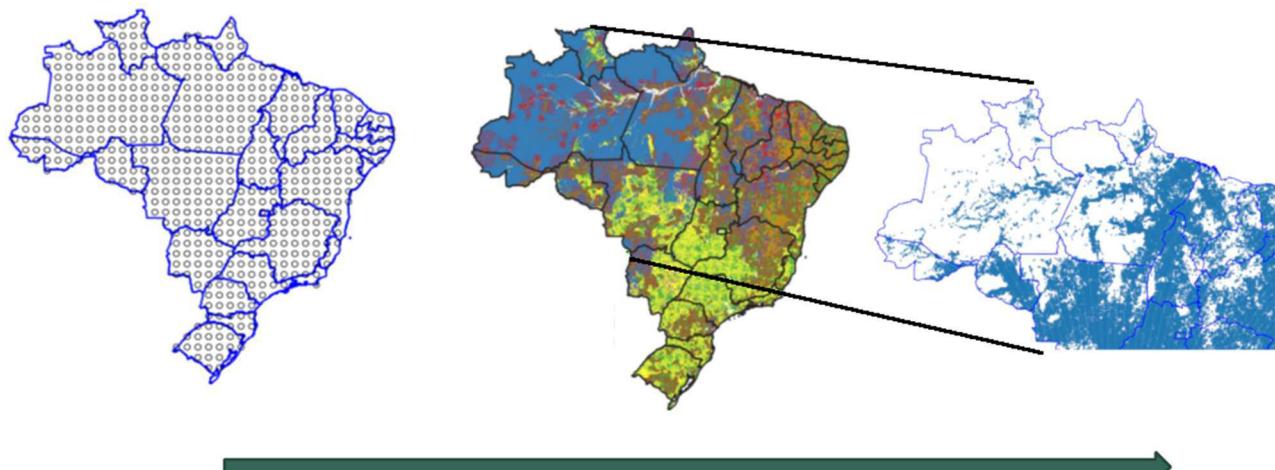
PASSO 1

No caso da simulação para torres já existentes, mas sem antenas instaladas, as “antenas candidatas” consistem justamente nesses pontos.

No caso da simulação para a criação de novas antenas, o passo 1 consistiu em alocar na paisagem locais possíveis para instalação. Para isso, adotou-se uma distância horizontal e vertical média de 8.5 km entre antenas, um valor comum para antenas próximas de áreas urbanas (existentes hoje no país). A Figura 14 (mapa da esquerda) apresenta um exemplo de grid regular de antenas candidatas gerado. A imagem contém um número reduzido de antenas para fins ilustrativos, pois na prática cerca de 100.000 pontos foram gerados.

Em seguida, o arquivo de classes territoriais para a gestão (Figura 13), mapa do meio da Figura 14, foi utilizado para filtragem dos pontos, priorizando aqueles em regiões de interesse público ou privado e removendo em locais onde outras estratégias que não a transmissão por antenas é recomendada. Deste procedimento, ilustrado na Figura 14, cerca de 55.000 novas antenas foram selecionadas e testadas posteriormente.

FIGURA 14. PROCEDIMENTO DE CRIAÇÃO DE NOVAS ANTENAS EM ZONAS DE INTERESSE



*ILUSTRAÇÃO DO PASSO 1- PROCESSAMENTO SELECIONANDO ANTENAS NOVAS EM ÁREAS DE INTERESSE. À ESQUERDA, UMA ILUSTRAÇÃO DO GRID REGULAR GERADO E, À DIREITA, UMA APROXIMAÇÃO NO NÚMERO REAL DE ANTENAS TESTADAS NA REGIÃO NORTE.

PASSO 2

Em seguida, no **Passo 2.1**, foi necessário definir diferentes raios para transmissão em áreas planas e montanhosas, conforme a classificação do terreno a partir do modelo da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Essa decisão é sensível no projeto, pois assume-se que haverá sinal em todo o raio ao redor da nova antena, portanto duas alternativas foram testadas: 15 ou 25 km em regiões montanhosas e 30 ou 50 km em regiões planas.

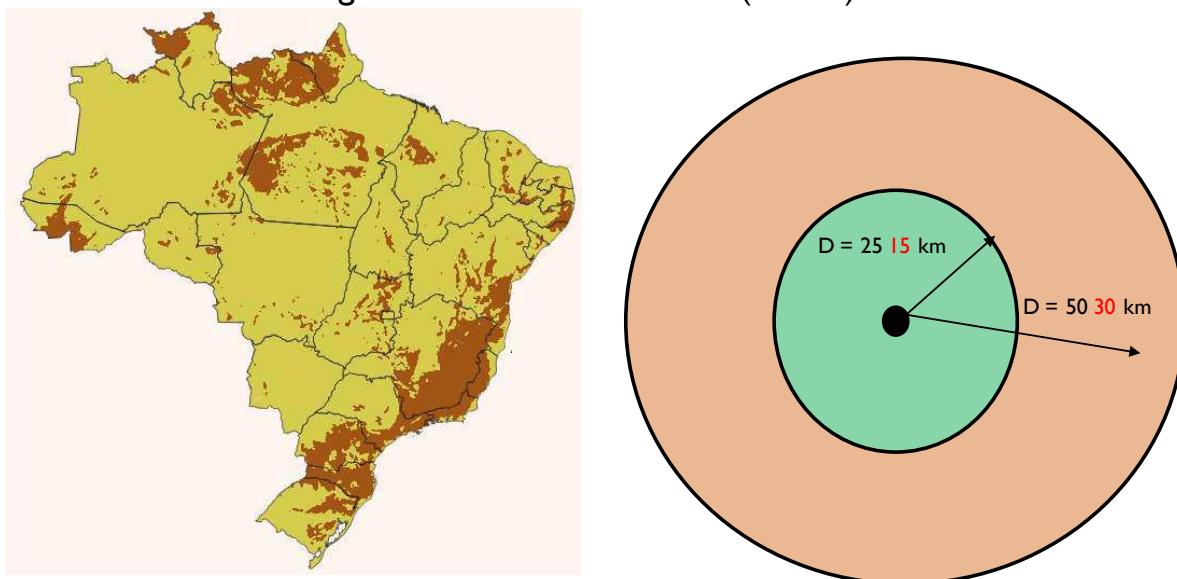
AS REGIÕES PLANAS FORAM AS QUE APRESENTAVAM DECLIVIDADE DE ATÉ 10%. NA

Figura 15 é apresentado o esquema de raio de transmissão das antenas novas em função da localização em regiões planas (marrom claro no mapa) e regiões montanhosas (marrom escuro no mapa).

FIGURA 15. FORMA DE CALCULO DO RAIO DE AÇÃO DO SINAL

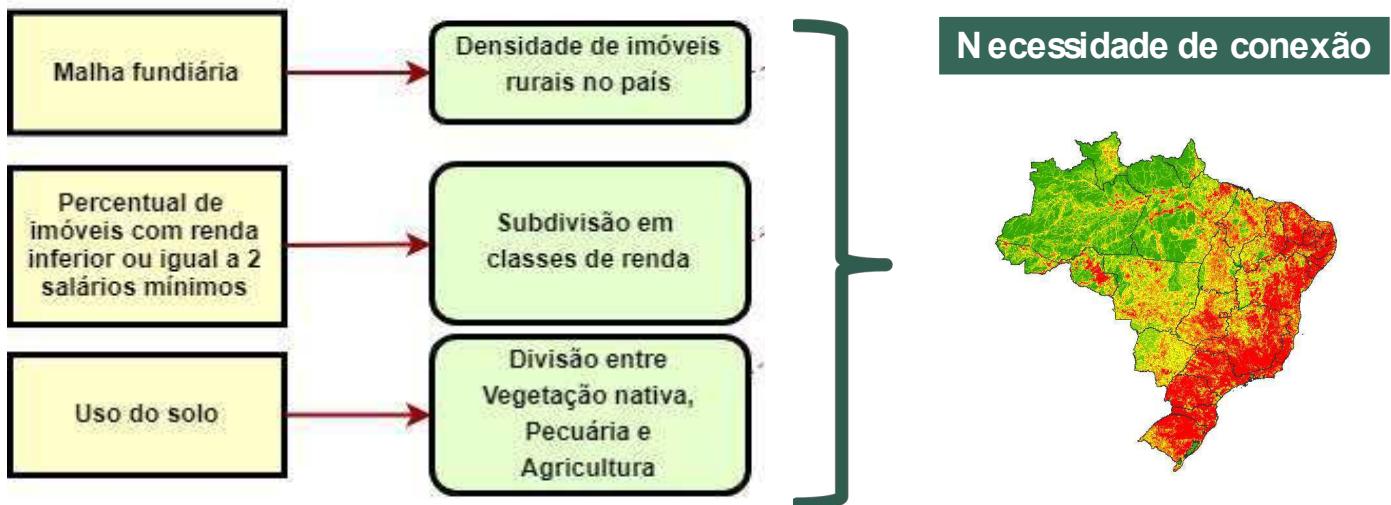
2.1

- Diâmetro de transmissão das antenas (aproximação)
 - Em regiões planas: 50km (**30 km**)
 - Em regiões montanhosas: 25km (**15 km**)



No **Passo 2.2**, o acréscimo de **Necessidade de Conexão NC** (Figura 16) de cada nova antena proposta foi calculado e dividido pela área do raio de transmissão. Nesse ponto para cada área de transmissão, extrai-se, a NC atualmente coberta com sinal maior ou igual a médio e a NC máxima possível de ser coberta, fazendo a relação entre as NCs extraídas. O resultado é o potencial de cada antena nova para o incremento da conectividade.

FIGURA 16. FLUXOGRAMA DO MODELO NECESSIDADE DE CONEXÃO*



*Os quadrados amarelos representam dados brutos e os verdes, os dados processados

Em seguida (**Passo 2.3**), as antenas foram ordenadas de forma decrescente em função do potencial de incremento de conectividade e, no **Passo 2.4**, a antena de maior potencial foi selecionada.

Com base também no modelo de elevação de terreno SRTM e na localização das antenas existentes, pontos vizinhos que estivessem em um local mais alto do terreno e a uma distância factível da rede existente de antenas, nesse caso foi adotado como parâmetro: 50 km de distância) foram considerados e substituíram ou não a antena em questão, a depender das duas características mencionadas (**Passos 2.4.1 e 2.4.2**).

A Figura 17 ilustra essa parte do processamento. As antenas de maior potencial devem estar a 50 km de distância de antenas existentes, visto que isso tem relação direta com os custos envolvidos para cabeamento para novas antenas. As antenas além desse limite de 50 km, consideradas distantes da rede existente, representadas pelas de cor vermelho, são eliminadas e dentre as mantidas (cor preta) é selecionada a de maior altitude (cor marrom).

FIGURA 17. FORMA DE LOCAÇÃO E DEFINIÇÃO DE NOVA ANTENA

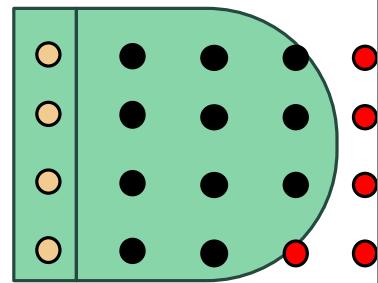
2.4:

- Seleciona a antena de maior potencial

2.4.1

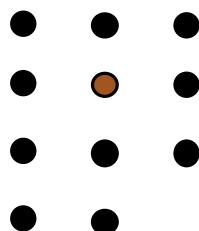
- Seleciona todas as antenas próximas (50 km)
- Remove aquelas muito distantes da rede existente

Existentes



2.4.2

- Dentre as mantidas, escolhe a de **maior altitude**

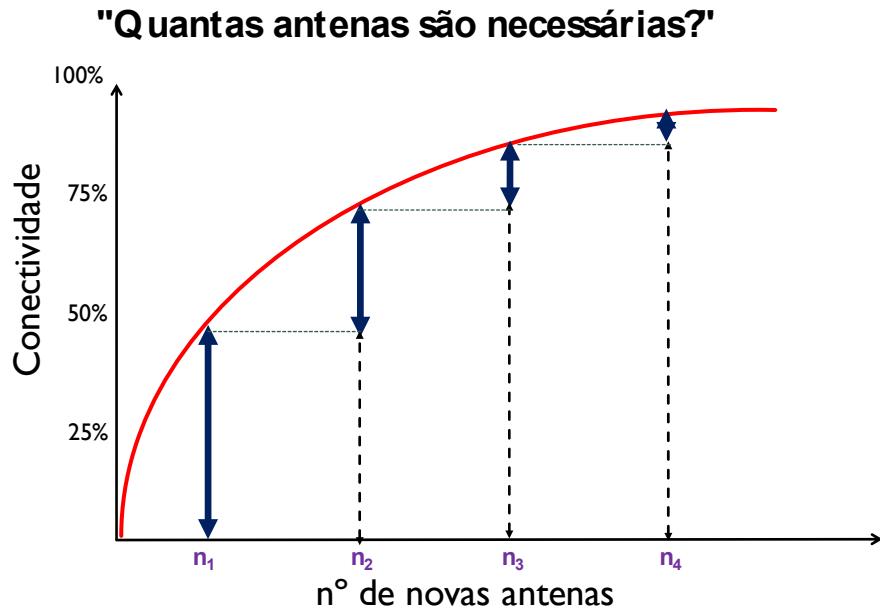


Finalmente, no Passo 2.5, a antena selecionada foi considerada existente. A partir daí, calcula-se a sua área de transmissão, considera-se que ali agora há sinal e atualiza-se o potencial de incremento da conectividade dos pontos no entorno (que agora diminuem, pois há sinal de transmissão novo sendo gerado).

O procedimento se repetiu para todas as demais candidatas. É possível notar que esse Passo 2.5 influencia na rodada posterior a partir do Passo 2.2: ou seja, antenas candidatas próximas à antenas eleitas anteriormente perdem ligeiramente suas prioridades, uma vez que suas áreas de cobertura estão agora parcialmente cobertas por novas antenas.

Nota-se também que essa natureza iterativa do procedimento leva a incrementos maiores para as primeiras antenas adicionadas e acréscimos ligeiramente inferiores ao longo da simulação. Portanto, pode-se pressupor a priori que em determinado momento a curva de acréscimo de necessidade de conexão coberta estabiliza, sendo o acréscimo de novas antenas irrelevante para a melhoria do sinal. Esse princípio é ilustrado na Figura 18.

FIGURA 18. ILUSTRAÇÃO DA DIMINUIÇÃO DO ACRÉSCIMO GLOBAL DE CONECTIVIDADE ESPERADA AO LONGO DA SIMULAÇÃO, LEVANDO A UMA ESTABILIZAÇÃO DA CURVA AO LONGO PRAZO: OS INCREMENTOS EM CONECTIVIDADE SÃO DECRESCENTES À MEDIDA QUE SE MELHORA A INFRAESTRUTURA.



3.2 Resultados do modelo de locação de novas antenas

Os resultados apontaram que a instalação de 19.582 antenas pode cobrir praticamente a totalidade das áreas com necessidade de conexão do país. Desses, 4.400 correspondem a torres já construídas e cobriria cerca de 24,49% da necessidade de conexão, enquanto 15.182 corresponde a torres que precisariam ser instaladas e cobriria os 75,51% restantes. O resultado do algoritmo rodado fornece uma ordem sugerida para a construção, tendo em vista a necessidade das novas torres estarem próximas da rede já existente.

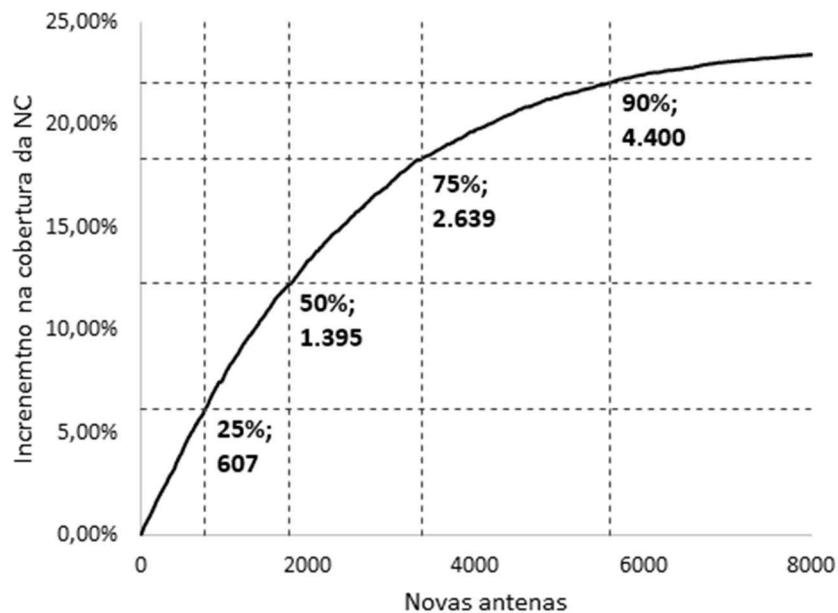
Os resultados apresentados a seguir consideram um raio de transmissão de 15km para regiões montanhosas e 30km para regiões planas. Este conjunto, por ser mais realístico, foi selecionado comparando-se os resultados dos testes com os cálculos feitos com o predito pelo ITM.

3.2.1 Torres existentes sem antenas

Para as torres já existentes, o resultado da simulação é apresentado na Erro! Fonte de referência não encontrada.. A Figura apresenta os principais elementos obtidos: de que esse conjunto de torres pode cobrir cerca de 24,49% da necessidade de conexão, no máximo, e o número de antenas necessárias para tal.

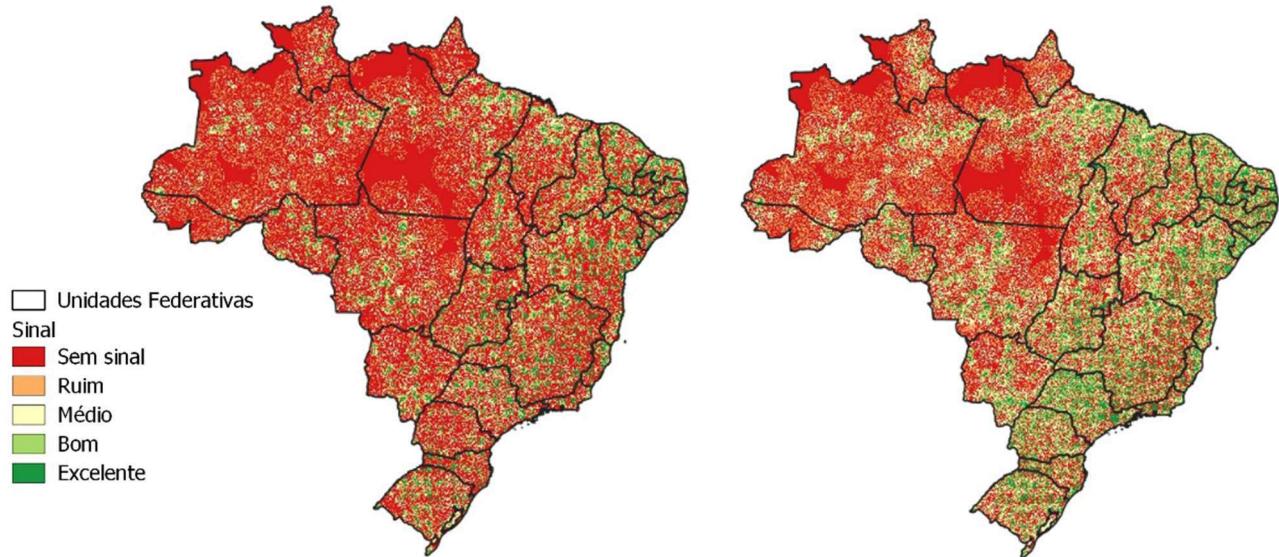
Nota-se que 4.400 antenas seriam capazes de prover 90% deste aumento máximo possível. O aumento de 25% do potencial de NCCM seria provido por cerca de 773 antenas; 50%, por 1.776 antenas e 75%, por 3.360 antenas. Para a etapa posterior, considerou-se que o corte de 90%, isso é 4.400 dessas torres, passaram a ter antenas.

FIGURA 19. RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA INSTALAÇÃO DE ANTENAS NAS TORRES JÁ EXISTENTES. O EIXO VERTICAL APRESENTA O ACRÉSCIMO POTENCIAL NA NECESSIDADE DE CONEXÃO COBERTA COM SINAL PELO MENOS MÉDIO (NCCM)



A Figura 20 apresenta o resultado do modelo ITM calculado sem e com essas antenas (esquerda e direita, respectivamente).

FIGURA 20 - RESULTADO DO MODELO ITM NA SITUAÇÃO EXISTENTE (ESQUERDA) E APÓS A INSTALAÇÃO DE ANTENAS EM 4.400 DAS TORRES JÁ EXISTENTES

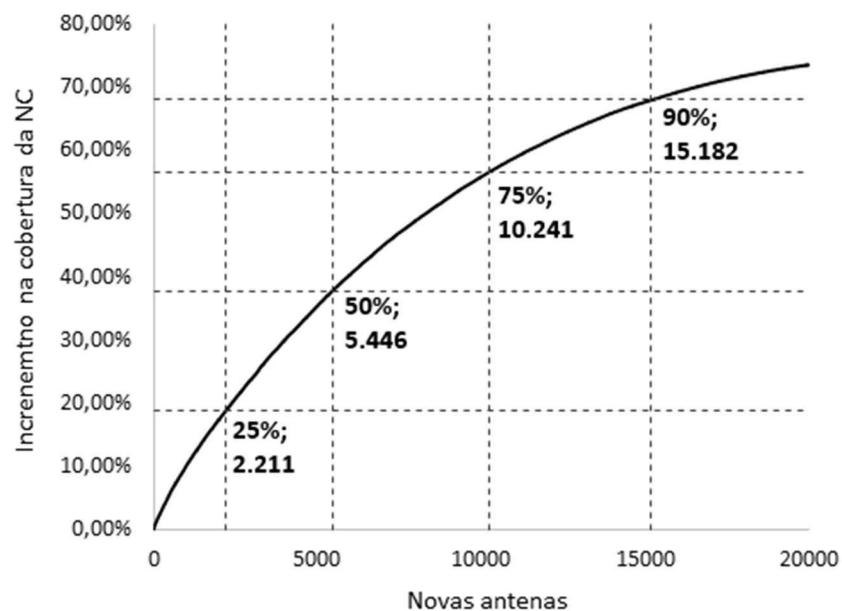


3.2.2 Novas torres

Para as novas torres, o resultado é apresentado na Figura 21. A simulação indica o potencial máximo de cobrir os 75,51% restantes. Em cortes, 25% do potencial máximo seria atingido com 2.212 antenas; 50%, com 5.449 antenas; 75%, com 10.247 antenas e 90%, com 15.182

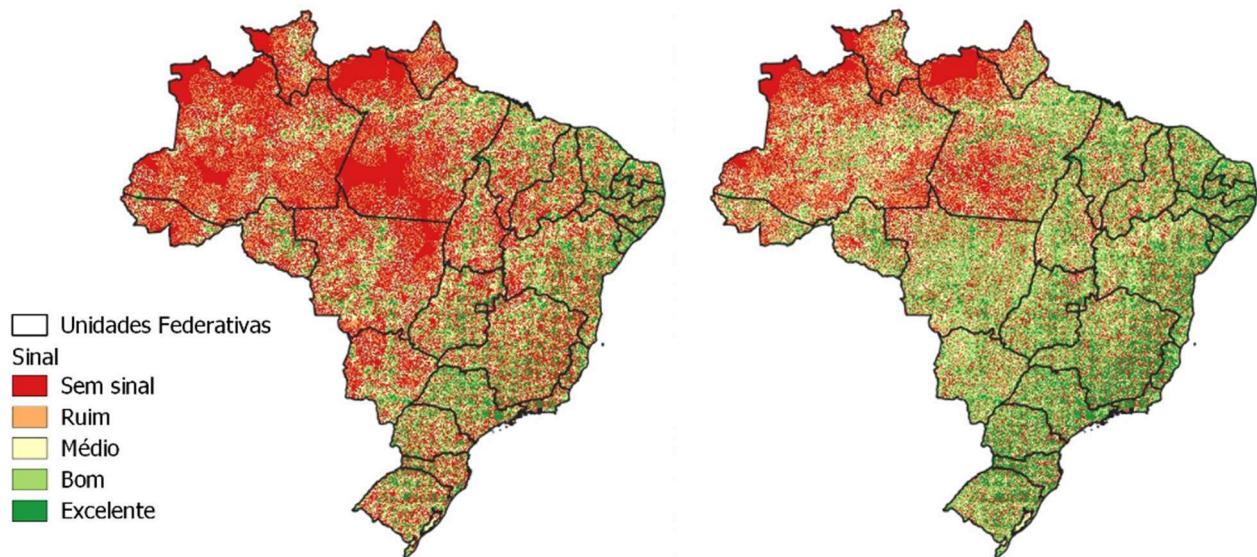
antenas. Novamente, considerou-se para a utilização do ITM o corte em 90%: que 15.182 torres seriam construídas.

FIGURA 21. RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA INSTALAÇÃO DE ANTENAS NAS TORRES JÁ EXISTENTES. O EIXO VERTICAL APRESENTA O ACRÉSCIMO POTENCIAL NA NECESSIDADE DE CONEXÃO COBERTA COM SINAL PELO MENOS MÉDIO (NCCM)



A Figura 22 apresenta o resultado do modelo ITM calculado sem e com essas antenas (esquerda e direita, respectivamente).

FIGURA 22 - RESULTADO DO MODELO ITM COM AS 4.400 TORRES EXISTENTES (ESQUERDA) E APÓS A INSTALAÇÃO DE 15.182 NOVAS ANTENAS



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a sociedade vem experimentando profundas transformações causadas pela rápida evolução tecnológica. Em muitas áreas da economia industrial, dos serviços e do comércio, práticas e funções comuns de 10 a 20 anos atrás ficaram obsoletas ou simplesmente deixaram de existir. Estima-se que há hoje no Brasil 230 milhões de celulares inteligentes (*smartphones*) em uso, que quando somados aos *notebooks* e *tablets*, atinge-se a marca de 324 milhões de dispositivos portáteis ou 1,6 dispositivos por habitante³⁷. Quebram-se paradigmas silenciosamente e, gradativamente, nos encontramos georreferenciados e conectados a gigantescas bases de dados globais.

O rural brasileiro não está fora desse contexto. Muito pelo contrário. O grande, o médio e o pequeno produtor estão inseridos em cadeias “*commoditizadas*” em que o lucro líquido por unidade de área está historicamente diminuindo. A viabilização econômica das propriedades rurais requer, cedo ou tarde, a intensificação produtiva com aplicação de tecnologia e adoção de pacotes cada vez mais dependentes de conectividade e automação. As vias alternativas são a gradativa perda de função produtiva da propriedade ou o produtor remanescer em atividades muito extensivas ou extrativistas, ambas soluções que no longo prazo tendem também a ser apenas exceções à regra.

A questão da conectividade no meio rural envolve não apenas aplicações dentro da propriedade, mas também a maneira como o produtor se relaciona com suas redes de cooperação e comercialização de insumos e produtos. A cooperação entre produtores para ganho de escala não deve ser entendida apenas no sentido formal de constituição de associações ou cooperativas. O mundo digital e a comunicação em redes permitem hoje a organização de indivíduos de maneira muito ágil em torno de objetivos comuns, como negociação comercial em bloco, pleiteamento de investimentos e interlocução direta com o poder público. Além disso, é tendência consolidada a utilização de aplicativos de celulares para auxílio na orientação técnica e para compartilhamento de tratores, máquinas, equipamentos e de terceirização de serviços. Cria-se com isso um universo de possibilidades que podem viabilizar aos mais diversos tipos de agricultores o acesso a equipamentos e práticas culturais, que em um cenário de uso individualizado seriam inacessíveis.

Para o aproveitamento dos benefícios que a comunicação em redes pode trazer ao ganho de escala e eficiência técnica do produtor, é premissa que ênfase deva ser dada em políticas públicas visando a melhoria da conectividade no meio rural. A atuação das concessionárias e a regulação por parte da ANATEL devem ser, portanto, orientadas nesse sentido. Esse é um grande desafio porque a qualidade da conexão de banda larga é diretamente proporcional à demanda pelos serviços. Regiões rurais de baixa densidade demográfica não são comercialmente prioritárias para investimento em ampliação da cobertura e da qualidade do sinal de telefonia móvel. Tecnologias de replicação de sinal e utilização de frequências com maior poder de alcance são alternativas existentes para melhoria da conectividade no meio rural e requerem, por um lado, posicionamento claro da gestão, e por outro, estudos específicos de priorização territorial.

Diante desse cenário, o **MAPA** apresenta a iniciativa inédita em entender a conectividade do meio rural, assumindo a responsabilidade de tratar o conceito de inovação também como uma estratégia de adaptação. Parte desse esforço se traduziu neste estudo que, a partir de uma metodologia “*cutting edge*” produziu: (i) um diagnóstico da cobertura de *internet* em todo o território nacional, (ii) uma classificação territorial que possibilita hierarquizar ações e direcionar investimentos e (iii) o desenvolvimento de um algoritmo espacial inteligente para alocação de infraestrutura de

³⁷ Meirelles, F. S. 2019. Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas, FGVcia: Centro e Tecnologia de Informação Aplicada da EAESP, 30^a edição, 2019 (edição completa na Livraria da GV (11) 3799-7790)

conectividade e quantificação de ganhos potenciais. Entende-se que a combinação dos três pontos acima possibilita hoje subsidiar a tomada de decisão de forma clara, baseada em números sólidos e com focalização regional.

A partir deste estudo estima-se que 58% dos imóveis rurais no Brasil estão inseridos em condições de sinal insuficiente de celular 3G/4G e esse percentual é o mesmo tanto para pequenos, médios ou grandes imóveis. Ou seja, apesar dos números gerais apontarem para uma disseminação acelerada do uso de dispositivos móveis no Brasil, a infraestrutura de cobertura rural ainda tem grande campo para investimentos públicos, privados ou em parceria. As áreas mapeadas como de fomento de interesse predominantemente privado para aprimoramento da conectividade no meio rural são 3,5 vezes maiores do que as de interesse público. Em número de estabelecimentos, as áreas para fomento de interesse predominantemente privado possuem quase 2 vezes mais imóveis que as de interesse público. Ou seja, mesmo restringindo a ação pública para a promoção da conectividade no meio rural exclusivamente em áreas com alta densidade de imóveis menores (agricultura familiar e médios produtores) e baixa renda, ainda resta grande margem territorial para focalizar parcerias de investimento com o setor privado.

Dispor de dados deste tipo se reveste de especial importância no cenário atual, em que foi aprovado um novo marco legal para as telecomunicações no Brasil, o qual traz uma importante desoneração do setor privado em troca de investimentos. Neste cenário, dispor de informações sobre onde podem ser realizados os investimentos com maior capacidade de modificar a conectividade no meio rural se constitui num fator estratégico para o MAPA orientar sua atuação neste tema.

Com o intuito de dar materialidade ao volume de investimentos necessários e possibilitar aos gestores buscar soluções reais de financiamento da política pública foi então desenvolvido um algoritmo inteligente que simula a alocação de antenas para maximizar a melhoria da cobertura de sinal 4G onde essa demanda é mais necessária. Os resultados apontaram de modo prático a instalação de antenas em 4.400 torres já existentes, em conjunto com o posicionamento de aproximadamente 15.182 antenas que resultaria em uma cobertura praticamente total da necessidade de conexão rural do Brasil, segundo o modelo desenvolvido cujos ganhos em conectividade são decrescentes na medida em que novas antenas são criadas.

Este estudo pretende, portanto, contribuir com peças para que o MAPA junto com seus parceiros possam fechar o ciclo da política pública, em uma sequência de identificação do problema, análise de dados, desenvolvimento de modelos e soluções, planejamento e, finalmente, implementação de uma estratégia consequente de adaptação e inovação do rural brasileiro ao novo contexto tecnológico atual.

5 Anexo: Estimativa do impacto econômico decorrente do investimento em conectividade sobre a agropecuária Brasileira³⁸

Resumo

O acesso à internet representa, para produtores rurais, uma fonte seletiva de informação. Por esse motivo, tem o potencial de promover a difusão de conhecimentos que podem contribuir tanto para o aperfeiçoamento no uso das tecnologias já existentes (aumento da eficiência técnica), quanto para a difusão de novas tecnologias (progresso tecnológico), o que tem impacto direto e mensurável na produtividade da agricultura e pecuária, aumentando a geração de riqueza no campo. Considerando-se tais aspectos, analisou-se o impacto da internet sobre a agropecuária brasileira estimando-se, estatisticamente, qual a contribuição da expansão do acesso à internet que ocorreu no meio rural brasileiro entre 2006 e 2017, para a evolução da produtividade agrícola nesse mesmo período. Conhecendo-se o quanto o incremento do acesso à internet foi responsável pelo crescimento de produtividade nesse período, foi possível estimar qual seria o impacto de diferentes cenários de expansão na cobertura sobre a produção da agropecuária brasileira em 2017.

Esse exercício de olhar para o passado para mensurar o impacto econômico do acesso à internet é a forma mais crível de fazer afirmações, sendo totalmente fundamentado nos instrumentos analíticos mais recentes da economia e da estatística, os quais são utilizados internacionalmente e são discutidos em maior grau de detalhamento no relatório do estudo. Além disso, a utilização dos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 permite o maior grau de detalhamento possível na análise, levando em consideração todas as nuances do gigantesco território brasileiro e da dinâmica econômica da agropecuária no período recente.

A simulação do impacto de dois cenários de expansão da cobertura de internet entre 2006 e 2017, propostos por meio de detalhado estudo, evidencia que o VBP da agropecuária brasileira em 2017 seria R\$21,09 bilhões maior (4.5% maior) caso fosse utilizada a capacidade ociosa de transmissão de 4.400 torres já existentes, e até R\$44,64 bilhões maior (9.6% maior) caso fosse utilizada a capacidade ociosa dessas torres e instaladas mais 15.182 novas torres. Segundo o estudo, esse impacto decorre do efeito do acesso a internet sobre a adoção de tecnologias mais produtivas pelos produtores rurais, ou seja, a possibilidade de acessar informação permite que os produtores descubram e utilizem tecnologias mais adequadas à sua realidade.

O efeito encontrado para a evolução da internet não pode ser atribuído à nenhum dos fatores incluídos como controle no modelo, que são nível educacional, acesso à energia elétrica e consequentemente à TV, assistência técnica e extensão rural (ATER), infraestrutura de armazenamento local. Ou seja, a menos que haja outro fator importante omitido, é de se esperar que seja efetivamente o efeito do acesso à internet sobre a produtividade, devido ao impacto sobre difusão tecnológica. A análise ainda demonstra que a internet afetou progresso tecnológico, mas não a eficiência produtiva, ou seja, difunde tecnologia, mas não aumenta a capacidade dos indivíduos em usá-la adequadamente (diferente do ensino superior, ATER e energia (infraestrutura).

³⁸ Equipe executora: Adauto B. Rocha Junior, Alberto Barreto, Rodrigo Maule

Por fim, é fundamental levar em consideração que incrementos em produtividade resultantes da expansão do acesso à internet são permanentes, e geram ganhos cumulativos ao longo do tempo, representando poderoso instrumento de transformação da realidade econômica no meio rural brasileiro. Desse modo, a articulação de uma política de expansão à conectividade, em coordenação com as já existentes políticas de ATER e crédito rural, é comprovadamente um caminho próspero para o contínuo progresso da agropecuária brasileira.

Introdução

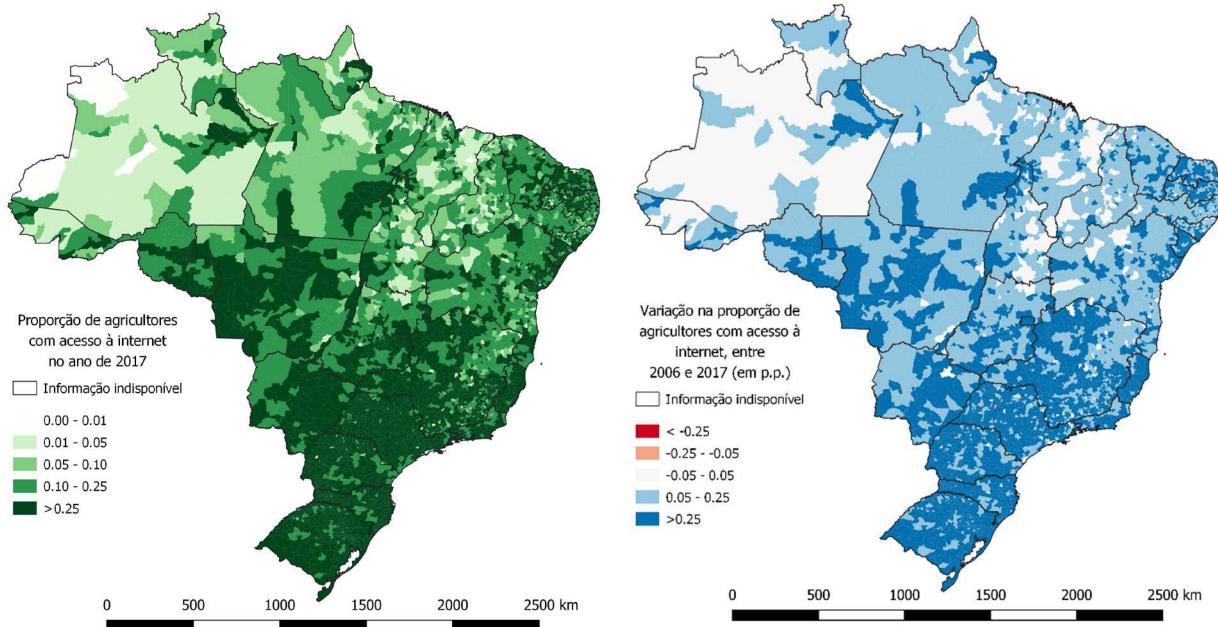
O princípio básico de toda avaliação quantitativa de impacto de políticas públicas é isolar o efeito decorrente da ação implementada de demais efeitos correlatos com as ações da política e que também afetam, simultaneamente, o aspecto sobre o qual se avalia o impacto. Caso isso não seja feito de forma adequada, a estimativa de impacto tende a ser enviesada no sentido de captar também esses efeitos de fatores correlatos, o que atua como uma “contaminação” do impacto estimado. Para tanto, existe uma série de ferramentas econômicas que subsidia a realização de inferências causais, sendo essencialmente estatísticas, porém com fundamentação na teoria econômica. É justamente essa fundamentação econômica o que subsidia a modelagem estatística da realidade, sempre envolvendo a imposição de um construto teórico baseado em pressupostos mais ou menos restritivos de acordo com o fenômeno em questão e a disponibilidade de dados. A análise aqui apresentada fundamenta-se em modelos construídos a partir da combinação entre a Teoria da Produção e a estatística, em seus construtos mais recentes.

Como em qualquer proposta de política pública, é fundamental que a viabilidade da implementação das ações relacionadas ao aumento da conectividade seja avaliada, e **essa avaliação está sujeita a duas possíveis fontes de viés que devem ser devidamente controladas, que são a disponibilidade de infraestrutura pré-existente, e as condições socioeconômicas do produtor.** É esperado que em regiões com melhor infraestrutura, em média, seja mais frequente a existência de torres de transmissão de sinal, e também que em regiões em que as condições socioeconômicas dos produtores sejam melhores, haja maior proporção de agricultores com acesso à internet.

Outro aspecto importante é o mecanismo por meio do qual o acesso à internet impacta a atividade agrícola e pecuária. A teoria econômica distingue duas dimensões essenciais da produtividade observada em uma unidade de produção: a tecnologia, mensurada em termos da produção potencial dado o conjunto de insumos existentes; e a eficiência técnica, que consiste na capacidade da unidade de produção em utilizar os insumos de que dispõe de modo a chegar o mais próximo possível da sua produção potencial. Considerando-se que a internet funciona como uma fonte seletiva de acesso à informação, é possível que ela impacte a atividade agropecuária em ambas as dimensões: na dimensão da eficiência técnica, por meio da provisão de informações que favorecem o uso mais adequado das tecnologias já existentes, resultando em um nível de produção mais próximo do máximo potencial; e na dimensão tecnológica, por meio da difusão de novas tecnologias mais produtivas, as quais, se utilizadas, deslocam a fronteira de produção, aumentando a produção potencial da unidade de produção.

Devido ao fato de que a expansão do acesso à internet é um fenômeno recente no Brasil (Figura 1. *Proporção de agricultores com acesso à internet em 2017 e evolução na cobertura entre 2006 e 2017*

), pois apenas 28,19% dos estabelecimentos rurais tinham acesso à internet em 2017 segundo os dados do Censo Agropecuário de 2017, e também devido à escassez de bases que integrem informações da cobertura do acesso à internet no rural brasileiro a dados de produção agropecuária, a estratégia adotada no presente trabalho baseia-se na utilização dos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 ao nível municipal para a modelagem do impacto da cobertura da internet entre os estabelecimentos rurais sobre a evolução da produtividade. No tópico seguinte é apresentada a metodologia, discutindo-se o modelo teórico estimado e os dados utilizados na construção de cada variável. No último tópico, por fim, são apresentados os resultados da estimação do modelo e simulados os impactos dos dois cenários de ampliação da cobertura do acesso à internet sobre a produção agropecuária brasileira observada.



Metodologia

Modelagem teórica desenvolvida: Pressupostos necessários à modelagem

A credibilidade dos resultados obtidos por meio da estimativa do modelo proposto é condicionada a um conjunto básico de pressupostos. Alguns desses pressupostos são meramente teóricos e norteiam a seleção de variáveis, estando condicionados à disponibilidade de dados; outros são requisitos essenciais para que os estimadores sejam não enviesados. Os pressupostos teóricos que embasam a modelagem são:

- A **produção** é obtida pela combinação dos inputs terra (em área cultivável), trabalho (em número de pessoas ocupadas) e capital (em número de tratores);
- A **distribuição da eficiência entre os municípios** é influenciada pela cobertura da assistência técnica, pelo acesso à energia elétrica, pela capacidade de armazenamento, pela proporção de agricultores com curso superior e pelo acesso à internet;
- A **evolução da produtividade e de suas duas dimensões – progresso tecnológico e evolução na eficiência** - é afetada pela evolução das variáveis cobertura da assistência técnica, do acesso à energia, da capacidade de armazenamento, pela proporção de agricultores com curso superior, pelo acesso à internet, e também pelo nível inicial de infraestrutura cuja proxy é o acesso à energia elétrica em 2006.
- **Não há relação de endogeneidade entre as variáveis que explicam a evolução da produtividade e a própria evolução da produtividade.** Ou seja, a mudança nessas variáveis causa variações na produtividade, mas as variações na produtividade, ainda que correlacionadas com a evolução dessas variáveis, não é sua causa.

Considerando-se que as decisões em expansão de infraestrutura de acesso à energia elétrica e assistência técnica são vinculadas a planos políticos de médio prazo, e que a expansão da internet

está condicionada à proximidade de infraestrutura pré-existente e de concentração de usuários (pessoas), tal pressuposto torna-se aceitável diante do fenômeno. Restam, no entanto, dúvidas quanto à endogeneidade em relação à expansão da infraestrutura de armazenamento e também em relação à variação no número de agricultores com ensino superior completo.

Com relação à infraestrutura de armazenamento, espera-se que ela esteja associada à expansão do cultivo de grãos e também a questões mercadológicas que constituam estímulos ao investimento com fins de possibilitar a escolha do melhor momento para a venda da produção. Pelo fato de que a medida de produtividade no presente estudo é baseada na expansão ou contração simultânea dos múltiplos produtos que uma unidade de observação produz, e também pelo fato de que altas produtividades não implicam, necessariamente, alta lucratividade e maiores possibilidades de investimento, pois há heterogeneidade de preços de inputs ao longo território nacional, a priori espera-se que não haja simultaneidade entre expansão de infraestrutura e expansão de capacidade de armazenamento.

Independente da expectativa a priori, realizou-se o teste de endogeneidade de Hausman para avaliar tal hipótese. Utilizando-se como variável instrumental a capacidade relativa de armazenamento de grãos em 2006, a qual representou um bom instrumento para a evolução da capacidade armazenadora, rejeitou-se a existência de simultaneidade.

A segunda análise realizada foi em relação à endogeneidade da variável evolução no percentual de agricultores com ensino superior completo. Segundo a literatura da Economia da Educação, o acesso ao ensino superior está essencialmente vinculado ao background familiar e às condições socioeconômicas do indivíduo. É importante ressaltar que estamos tratando do percentual de agricultores, restrito aos que dirigem o estabelecimento, com ensino superior. Embora o horizonte temporal da análise seja de 11 anos, o que permitiria certa mobilidade intergeracional na gerência dos empreendimentos, o que se verifica na análise dos dados dos Censos Agropecuários é o envelhecimento desses agricultores. Além disso, quando se trata do efeito das condições socioeconômicas é fundamental ressaltar novamente que produtividade não implica, necessariamente, lucratividade da atividade, devido à heterogeneidade de preço de insumos no território nacional.

Uma dificuldade que surgiu para analisar a possível relação de simultaneidade entre evolução produtiva e evolução na proporção de agricultores com ensino superior foi a inexistência de bons instrumentos. Todas as variáveis disponibilizadas nos Censos Agropecuários apresentaram correlação fraca, e a regressão multivariada para explicar a evolução no ensino superior com variáveis exógenas ou pré-determinadas apresentou R^2 ajustado menor que 0,1, o que implica baixo poder explicativo.

A utilização de um instrumento fraco para priorizar o teste estatístico de endogeneidade representa um impasse, pois levaria à conclusões equivocadas. Por outro lado, ignorar uma possível simultaneidade, caso ela exista, implica em ineficiência e viés dos parâmetros estimados. Desse modo, a solução possível para especular sobre a consequência de uma possível simultaneidade foi comparar a regressão da evolução da produtividade em duas especificações. Na primeira excluiu-se a variável referente ao ensino superior, e na outra incluiu-se a variável, com a finalidade de comparar os parâmetros estimados para o efeito do acesso à internet.

O parâmetro estimado para o efeito da internet sobre a produtividade na regressão sem a variável de ensino superior apresentou valor estatisticamente significativo, à 5% de significância, de 0,31, superior ao valor de 0,23 obtido na regressão com a variável de ensino superior. Uma análise de correlação de Spearman entre a variável evolução do acesso à internet e evolução do ensino superior

evidencia um coeficiente de 0,2284, o que representa uma potencial fonte de viés por omissão de variável relevante. Considerando-se tal correlação, a diferença de poder explicativo das duas regressões, o resultado negativo obtido para o teste de endogeneidade em relação à expansão da infraestrutura de armazenamento (cujo suposto mecanismo seria semelhante ao da relação entre produtividade e ensino superior), e finalmente devido ao fato de que é preferível uma estimativa conservadora de impacto da internet a um parâmetro superestimado, optou-se pelo modelo que inclui a variável evolução do ensino superior.

Estimação da *Output Distance Function*

Para a modelagem da produção agropecuária nos municípios brasileiros utilizou-se uma *Output Distance Function*, uma função de transformação que acomoda a produção de múltiplos produtos (*outputs*) a partir de um conjunto de diferentes insumos (*inputs*). A escolha por esse modelo ao invés da utilização de uma função de produção tradicional se deve ao fato de que ele não demanda a fragmentação da quantidade de cada insumo utilizado em diferentes atividades, uma dificuldade inerente à produção agropecuária, para a qual muitas vezes insumos comuns como tratores ou a força de trabalho de empregados são utilizados ao longo do mesmo ciclo produtivo em diferentes atividades. Esse fato minimiza a necessidade da imposição de pressupostos mais restritivos, simplificando a modelagem e permitindo a estimativa da fronteira tecnológica e do nível de eficiência técnica para cada observação³⁹.

O ponto de partida para a modelagem é uma função de transformação representada por

$$F(\mathbf{y}, \mathbf{OE}^{-1}, \mathbf{x}, t) = 0 \quad (1),$$

Onde \mathbf{y} é um vetor de M *outputs* produzidos utilizando-se um vetor \mathbf{x} composto por J *inputs*. O termo \mathbf{OE}^{-1} é incluído para representar a ineficiência técnica na produção de \mathbf{y} , onde $0 \leq \mathbf{OE} \leq 1$ é um escalar que mostra a proporção do produto potencial que é realmente produzida devido à existência de ineficiência.

Na literatura da Economia da Produção, para múltiplos inputs e outputs a função de transformação (1) pode ser representada por uma função distância, definida como

$$D_0(\mathbf{y}, \mathbf{x}) = \min_{\theta} \left\{ \theta \mid \left(\frac{\mathbf{y}}{\theta} \right) \in P(\mathbf{x}) \right\} \quad (2),$$

onde $P(\mathbf{x})$ é um vetor de output factíveis para cada conjunto de inputs \mathbf{x} . Considerando a propriedade de homogeneidade de grau 1 nos outputs, assumindo uma forma funcional Coob Douglas para representar a distância em função dos inputs e outputs, assumindo que há um shift na fronteira de produção devido ao efeito do progresso tecnológico entre os anos de 2006 e 2017, tomando o logaritmo em ambos os lados, assumindo a existência de um componente aleatório de ruído bilateral, e chamando $\ln D_0(\mathbf{y}, \mathbf{x}) = u_i$, obtém-se o seguinte sistema, estimável pelo algoritmo para estimação da fronteira de produção estocástica tradicional por máxima verossimilhança⁴⁰

$$\begin{aligned} \ln y_{GA,i,t} &= - \sum_{j=1}^J \beta_j \ln x_{j,i,t} - \sum_{m=2}^4 \alpha_m \ln \tilde{y}_{m,i,t} + \gamma D_{i,t} + \epsilon_{i,t} & (3), \text{ onde} \\ \epsilon_{i,t} &= v_{i,t} - u_{i,t} & (4) \end{aligned}$$

³⁹ Para mais detalhes a respeito dos pressupostos teóricos, vantagens e desvantagens da *Output Distance Function* em relação à outros métodos, consultar: Färe, Grosskopf & Lovell. **Production frontiers**. Cambridge university press. 1994.

⁴⁰ KUMBHAKAR, Subal C.; WANG, Hung-Jen; HORNCastle, Alan P. **A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata**. Cambridge University Press, 2015.

$$\nu_{i,t} \sim i.i.d. N^+(0, \sigma_\nu^2) \quad (5)$$

$$u_{i,t} \sim i.i.d. N^+(\mu_u, \sigma_u^2(z_{i,t})), \quad (6)$$

Onde $\ln x_{j,i,t}$ é o logaritmo natural do montante de input j usado pelo município i no período t , $\ln y_{GA,i,t}$ é o logaritmo natural do valor bruto da produção de grandes animais no município i no ano t , $\ln \tilde{y}_{m,i,t}$ é o logaritmo natural da razão de VBP $\left(\frac{y_{m,i,t}}{y_{GN,i,t}}\right)$ para cada uma das demais categorias de produção (lavouras permanentes, lavouras temporárias, e outras atividades), $D_{i,t}$ é uma variável binária que assume valor 0 para observações referentes ao ano de 2006 e 1 para o ano de 2017, $\epsilon_{i,t}$ é um termo de erro composto em que $\nu_{i,t}$ é um termo de ruído bilateral com média 0 e variância constante, e $u_{i,t}$ é um termo de ineficiência com média constante porém heterocedástico com a variância sendo uma função de um vetor de variáveis que afetam o nível de eficiência $z_{i,t}$. As variáveis incluídas no modelo são apresentadas e descritas na Tabela 1.

QUADRO 3. VARIÁVEIS INCLUÍDAS NO MODELO

Variável	Descrição	Finalidade no modelo	Média	
			2006	2017
Produção de grandes animais*	VBP mensurado em 1.000 R\$ de 2017	Output	11.130	22.724
Produção de lavouras permanentes*	VBP mensurado em 1.000 R\$ de 2017	Output	9.025	7.607
Produção de lavouras temporárias*	VBP mensurado em 1.000 R\$ de 2017	Output	27.373	48.992
Outras produções*	VBP mensurado em 1.000 R\$ de 2017	Output	10.173	16.452
Terra	Área cultivável (Área total – áreas não cultiváveis), em hectares	Input	42.909	49.220
Capital	Número total de tratores	Input	151	254
Trabalho	Número de pessoas ocupadas	Input	3.176	3.282
ATER	Percentual da área cultivada por agricultores que receberam ATER	Determinante de eficiência	46,94%	50,92%
Acesso à energia elétrica	Percentual de agricultores que tinham acesso à energia	Determinante de eficiência	74,15%	85,94%
Capacidade de armazenamento	Capacidade relativa de armazenamento de grãos, em ton. De grãos/ha cultivável	Determinante de eficiência	0,174	0,2273
Ensino superior	Percentual de agricultores com curso superior completo	Determinante de eficiência	4,99%	9,56%
Acesso à internet	Percentual de agricultores com acesso à Internet	Determinante de eficiência	3,33%	35,55%

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017.

*Valores inflacionados para R\$ de junho de 2017 utilizando-se o índice IGP-DI.

Utilização dos parâmetros da Output Distance Function para estimativa e decomposição do Índice Paramétrico Malmquist

Com base nos parâmetros do sistema constituído pelas equações (3), (4), (5) e (6), é possível estimar um índice Malmquist de evolução da produtividade, o qual pode ser decomposto em duas dimensões, as quais são o progresso tecnológico e a evolução da eficiência por meio das expressões

$$M_O^{2006}(x^{i,2006}, y^{i,2006}, x^{i,2017}, y^{i,2017}) = \frac{D_O^{2017}(x^{i,2017}, y^{i,2017})}{D_O^{2006}(x^{i,2006}, y^{i,2006})} \cdot \frac{D_O^{2006}(x^{i,2017}, y^{i,2017})}{D_O^{2017}(x^{i,2017}, y^{i,2017})} \quad (7)$$
$$= \Delta TE(x^{i,2006}, y^{i,2006}, x^{i,2017}, y^{i,2017}) \cdot \Delta T(x^{i,2017}, y^{i,2017})$$

Onde M_O^{2006} é o índice Malmquist de evolução da produtividade com base na tecnologia referente ao ano de 2006; ΔTE é a evolução na eficiência técnica, e mede o incremento na eficiência técnica entre 2006 e 2017; ΔT é o progresso tecnológico, e mede o deslocamento radial da fronteira de possibilidades de produção; $D_O^{2006}(x^{i,2006}, y^{i,2006})$ é a medida da distância estimada para a combinação de inputs e outputs observada em 2006 com base na fronteira tecnológica de 2006; $D_O^{2017}(x^{i,2017}, y^{i,2017})$ é a medida da distância estimada para a combinação de inputs e outputs observada em 2006 com base na fronteira tecnológica de 2017; $D_O^{2017}(x^{i,2006}, y^{i,2006})$ é a medida da distância estimada para a combinação de inputs e outputs observada em 2006 com base na fronteira tecnológica de 2017; e $D_O^{2017}(x^{i,2017}, y^{i,2017})$ é a medida da distância estimada para a combinação de inputs e outputs observada em 2017 com base na fronteira tecnológica de 2017.

Como o objetivo do presente estudo é avaliar o impacto da expansão do acesso à internet sobre a produtividade da agropecuária brasileira, a estratégia adotada é regredir as estimativas de M_O^{2006} , de ΔTE e de ΔT em função da variação das mesmas variáveis incluídas como determinantes da eficiência, que foram a ATER, acesso à energia elétrica, capacidade de armazenamento, ensino superior e acesso à internet, incluindo-se também o nível de acesso à energia elétrica em 2006 como proxy da infraestrutura inicial, estimando-se as regressões

$$M_{O,i}^t(x^{i,t}, y^{i,t}, x^{i,t+1}, y^{i,t+1}) = f(\Delta z_i; \text{infraestrutura}_{2006}) \quad (8)$$

$$\Delta TE_i(x^{i,t}, y^{i,t}, x^{i,t+1}, y^{i,t+1}) = f(\Delta z_i; \text{infraestrutura}_{2006}) \quad (9)$$

$$\Delta T_i(x^{i,t}, y^{i,t}, x^{i,t+1}, y^{i,t+1}) = f(\Delta z_i; \text{infraestrutura}_{2006}) \quad (10)$$

onde Δz_i é o vetor de variação (valor em 2017- valor em 2006) para cada uma das variáveis incluídas como determinante da eficiência; e $\text{infraestrutura}_{2006}$ é o nível de acesso à energia em 2006 (em percentual de estabelecimentos, usado como proxy para a infraestrutura inicial).

As estimativas das regressões lineares (8), (9) e (10) foram realizadas utilizando-se mínimos quadrados generalizados para correção da heterocedasticidade⁴¹, e o parâmetro associado ao efeito da internet sobre a produtividade (Equação 8) foi utilizado para a estimativa do impacto da internet nos dois cenários de expansão do acesso propostos no presente relatório. O cálculo de tal impacto é derivado à partir de um exercício de diferenciação da expressão para o índice Malmquist de produtividade com base na substituição da definição conceitual da função distância dada pela expressão (2), resultando em

⁴¹ A necessidade de estimativa com erros padrão robustos para heterocedasticidade foi identificada com base no teste de heterocedasticidade de White.

$$\frac{d Malmquist_i}{d Internet_i} = \beta_{net} \cdot \Delta internet_i \quad (11)$$

$$\frac{d y_{obs\ i}}{d Internet\ i} = \frac{\frac{d Malmquist\ i}{d Internet\ i} (y_{2017\ i})}{Malmquist_i} \quad (12)$$

em que 11 permite a estimativa do impacto da variação na cobertura da internet no município i , $\Delta internet_i$ é a variação na cobertura da internet no município i em decorrência da implantação de um cenário, em pontos percentuais, e β_{net} é o parâmetro associado à variável evolução na cobertura de internet na equação (8). A expressão (12) permite o cálculo do impacto do cenário de mudança na cobertura da internet para o município i sobre o VBP observado em 2017 ($\frac{d y_{obs\ i}}{d Internet\ i}$), $M_O^t(\cdot)$ é o índice Malmquist estimado para o município i com base na expressão (8), e $y_{2017\ i}$ é o VBP da agropecuária observado para o município i no ano de 2017.

Apesar de que a expressão 12 permite a mensuração pontual do impacto da internet, existe um aspecto de extrema relevância e que deve ser levado em consideração, que é o fato de que o incremento na produtividade em decorrência da expansão da cobertura da internet tem efeito permanente e cumulativo ao longo do tempo. Além disso, os cenários de expansão da internet seriam implementados em etapas.

Uma forma de mensurar os ganhos acumulados ao longo do tempo em decorrência desse impacto permanente é converter o impacto da internet sobre o índice Malmquist para a evolução da produtividade entre 2006 e 2017 em impacto sobre o índice Malmquist anual. Assumindo-se que a produtividade evoluiu à uma taxa anual constante no período citado⁴², e diferenciando o Malmquist anual em relação à evolução da cobertura da internet, obtém-se

$$\frac{d Malmquist_{i,t}}{d Internet_i} = \frac{1}{11(Malmquist_i)^{\frac{10}{11}}} \beta_{net} \Delta internet_t \quad (13)$$

Em que $Malmquist_t$ é o índice Malmquist anual de evolução da produtividade. Considerando-se que

$$\frac{Y_{i,t}}{Y_{i,t-1}} = \Delta inputs_{i,t} \cdot Malmquist_{i,t} \quad (14)$$

$$Y_{i,t} = Y_{t-1} \Delta inputs_{i,t} \cdot Malmquist_{i,t} \quad (15)$$

$$Malmquist_{i,t} = Malmquist_{i,t-1} + \frac{d Malmquist_{i,t-1}}{d Internet_i} \quad (16)$$

Em que $Y_{i,t}$ é o VBP agropecuário do município i no instante t ; e $\Delta inputs_{i,t}$ é a variação no conjunto de insumos (terra, trabalho e capital) do município i entre os períodos $t-1$ e t , mensurável em termos de expansão na razão de VBPs⁴³. Para estimar o impacto agregado do Cenário 2 de expansão da cobertura da internet, proposto para ser executado em 4 etapas anuais (entre 2021 e

⁴² Assumir taxa de evolução da produtividade constante é a melhor aproximação para o período, uma vez que não há dados suficientes disponíveis para a estimativa da taxa real anual de evolução da produtividade.

⁴³ Segundo as teorias da produção o crescimento da produção é explicado por 3 fatores: aumento da eficiência técnica, progresso tecnológico, e aumento na quantidade de insumos utilizados. Desse modo, com base na expressão 14, conhecendo-se os VBPs de 2006 e 2017 e o Índice Malmquist, foi possível estimar a evolução dos insumos em termos de expansão na razão de VBPs.

2024), assume-se duas projeções diferentes em relação ao comportamento do conjunto de insumos. Na primeira considera-se que não há expansão no conjunto de insumos ao longo do período de projeção ($\Delta inputs_{i,t} = 1$), e que o índice Malmquist anual nos anos pré intervenção é constante e estimado com base no comportamento da agropecuária entre 2006 e 2017. Na segunda considera-se que há expansão no conjunto de insumos ao longo do período de projeção, à uma taxa constante, igual àquela verificada para o município no período entre 2006 e 2017 ($\Delta inputs_{i,t} = \Delta inputs_{anual entre 2006 e 2017}$), e que o índice Malmquist anual nos anos pré intervenção é constante e estimado com base no comportamento da agropecuária entre 2006 e 2017. Assim, estima-se o impacto agregado ao longo do período como sendo

$$Impacto_{i,2021 \rightarrow 2025} = \sum_{t=2021}^{2025} Y_{i,t}^{C2} - Y_{i,t}^0 \quad (17)$$

Em que $Impacto_{i,2021 \rightarrow 2025}$ é o impacto agregado decorrente do Cenário 2 de incremento na cobertura de internet entre 2021 (primeira etapa) até 2025 (manifestação do incremento de produtividade da última etapa); $Y_{i,t}^{C2}$ é o VBP no Cenário 2 de expansão da cobertura da internet, estimado substituindo-se (16) em (15) e realizando-se um processo iterativo entre 2017 e 2025; e $Y_{i,t}^0$ é o VBP no Cenário sem expansão da cobertura de internet, estimado substituindo-se (16) em (15) e realizando-se um processo iterativo entre 2017 e 2025, porém considerando que $\frac{d Malmquist_{i,t-1}}{d Internet_i} = 0$ para todo o período. Para a avaliação do impacto agregado considerou-se a implementação de 25% do incremento total de cobertura proposto, por 4 anos seguidos (2021-2024).

Com base nessas equações é possível analisar tanto o impacto dos cenários de expansão do acesso à internet sobre a produtividade da agropecuária brasileira, quanto o mecanismo por meio do qual a internet afeta a produtividade, se é por meio do aumento do uso mais eficiente das tecnologias disponíveis (aumento da eficiência técnica) ou por meio da difusão de tecnologias mais adequadas à realidade do produtor (progresso tecnológico).

Resultados

A regressão do índice de produtividade evidencia que todas as variáveis incluídas para explicar a evolução da produtividade apresentaram efeito positivo e estatisticamente significativo a 5% de significância. O que difere, no entanto, é o mecanismo pelo qual cada variável afeta a produtividade. O percentual de agricultores com acesso a energia em 2006 apresentou efeito positivo sobre o progresso tecnológico, evidenciando que houve uma taxa de progresso técnico maior em área com melhores condições de infraestrutura. O efeito do incremento de acesso à energia, por outro lado, se dá devido ao impacto positivo sobre a eficiência.

O efeito da ATER e da capacidade de armazenamento se dão por meio do impacto positivo sobre a evolução da eficiência técnica. Tal resultado evidencia que incrementos na capacidade de armazenamento nos estabelecimentos agropecuários, assim como no acesso aos serviços de assistência técnica, propiciam aumento na capacidade dos agricultores em aproximar-se da produtividade máxima potencial para o padrão tecnológico do qual dispõem.

A única variável que apresentou efeito positivo tanto sobre a eficiência técnica quanto sobre o progresso tecnológico foi a proporção de agricultores com curso superior. Esse resultado está em consonância com a literatura mundial sobre produtividade e evidencia que o capital humano amplia tanto a capacidade de os indivíduos utilizarem as tecnologias de que dispõem de forma eficiente, quanto a difusão de novas tecnologias, o que explica o fato de que apresenta o maior efeito, entre todas as variáveis, sobre o aumento da produtividade verificado no período.

O efeito do incremento no acesso à internet sobre a produtividade, objetivo principal deste estudo, é explicado pelo impacto positivo sobre a difusão de novas tecnologias. Tal impacto é suficientemente grande para se manifestar na forma de um efeito positivo sobre a evolução da produtividade, o que permite a simulação de cenários hipotéticos de expansão do acesso à internet sobre o VBP agropecuário de 2017.

A derivação do efeito marginal de mudanças na cobertura de internet entre 2006 e 2017 evidencia que o impacto em cada município é diretamente relacionado com o respectivo valor bruto de produção e inversamente relacionado com o índice Malmquist de evolução produtiva observado. **Ou seja, o impacto econômico da ampliação na cobertura do acesso à internet é maior em municípios com maior escala de produção e menores níveis de progresso produtivo observado entre 2006 e 2017.**

A simulação do impacto de uma antena com cobertura radial de 40 km, o que constitui a cobertura média de uma torre com a tecnologia atualmente disponível, resulta em impactos no VBP municipal variando entre R\$ 186,00 e R\$ 8.411.529,00 de acordo com o município, com efeito médio de R\$ 39.454,00⁴⁴. Além de tal efeito, conforme mencionado anteriormente, estimou-se o impacto dos cenários de ampliação da internet propostos. Caso o Cenário 1, caracterizado pela ampliação de cobertura por meio da utilização da capacidade ociosa de 4.400 torres já existentes, fosse implementado entre 2006 e 2017 no ritmo médio verificado na expansão da internet ocorrida no período, observar-se-ia um VBP até R\$ 21,09 bilhões maior no ano de 2017 (4,5% maior do que o valor observado). Caso o Cenário 2, caracterizado tanto pelo aproveitamento da capacidade ociosa proposto no Cenário 1, quanto pela instalação de 15.182 novas torres de transmissão, o aumento observado no VBP de 2017 seria de R\$ 44,64 bilhões, o que representa um VBP 9,6% maior do que o observado para o respectivo ano (Figura 2, e Figure 3).

⁴⁴ Valores em R\$ de 2017.

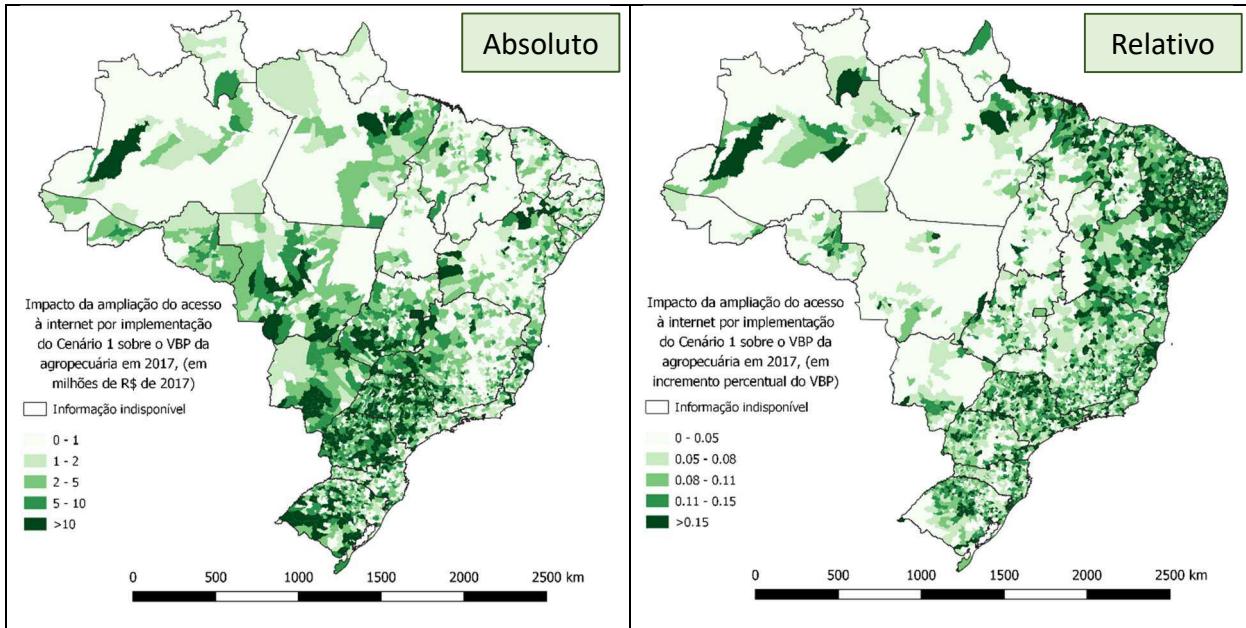


FIGURA 2. IMPACTO ESTIMADO DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 1 SOBRE O VBP DE 2017. *A LEGENDA DO MAPA DEVE SER MULTIPLICADO POR X100 PARA OBTER-SE A PROPORÇÃO EQUIVALENTE EM PORCENTAGEM.

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE, 2020).

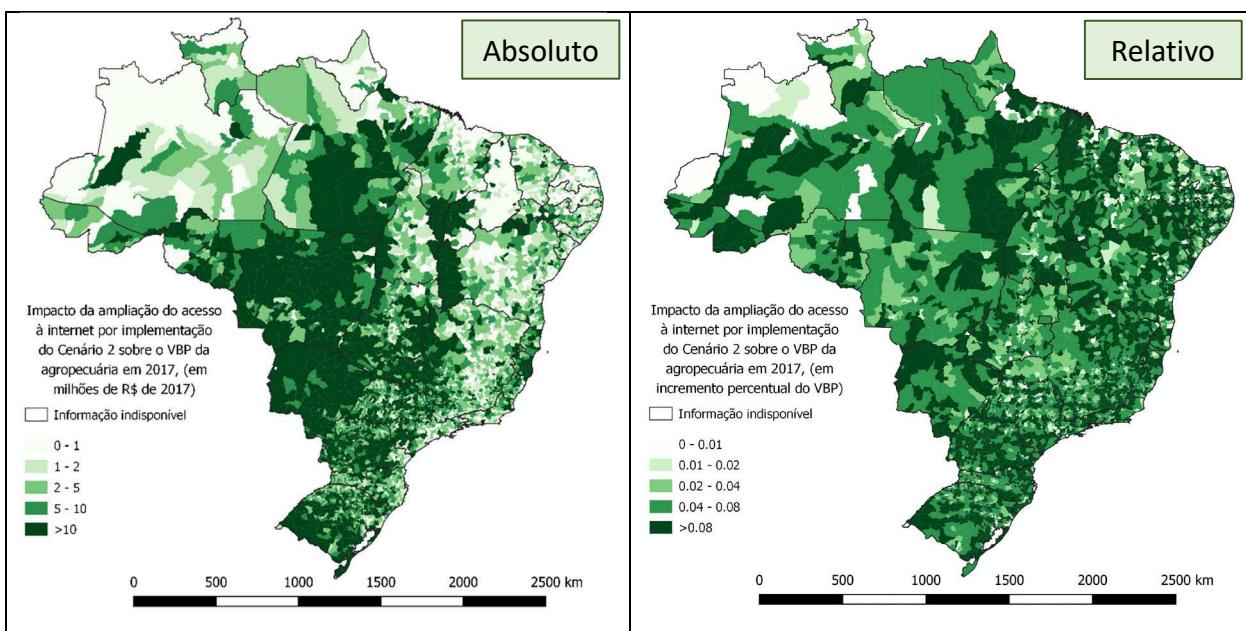


FIGURE 3. IMPACTO ESTIMADO DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 2 SOBRE O VBP DE 2017. *A LEGENDA DO MAPA DEVE SER MULTIPLICADO POR X100 PARA OBTER-SE A PROPORÇÃO EQUIVALENTE EM PORCENTAGEM.

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE, 2020).

A espacialização dos resultados evidencia que o impacto absoluto do Cenário 1 se distribui de forma concentrada em regiões que já apresentam alto VBP. O impacto relativo do mesmo Cenário, no entanto, é mais intenso em regiões de maior densidade fundiária, incluindo regiões com predomínio de Agricultura Familiar, tais como a região Nordeste e Sul do país. **Nesse sentido, sugere-se que a política de melhoria em conectividade teria um efeito conjunto tanto no ganho absoluto em**

produção de regiões em que predomina a grande escala produtiva, como também na disseminação tecnológica em regiões em que predomina a pequena propriedade.

No Cenário 2, no entanto, a ampliação da cobertura apresenta impacto absoluto concentrado na faixa central do país, porém o impacto relativo abrange de forma intensa todo o território nacional. Um aspecto interessante do impacto estimado para o Cenário 2 é que o impacto relativo está distribuído quase que uniformemente no território nacional (não há padrão espacial de concentração). Essa distribuição pode resultar em ganhos potenciais não mensurados no presente estudo devido ao efeito de transbordamento espacial da informação.

Na Figura 4 são apresentados os incrementos nos VBP no Cenário 2, desconsiderando e considerando a expansão dos insumos conforme a tendência histórica entre 2006 e 2017.

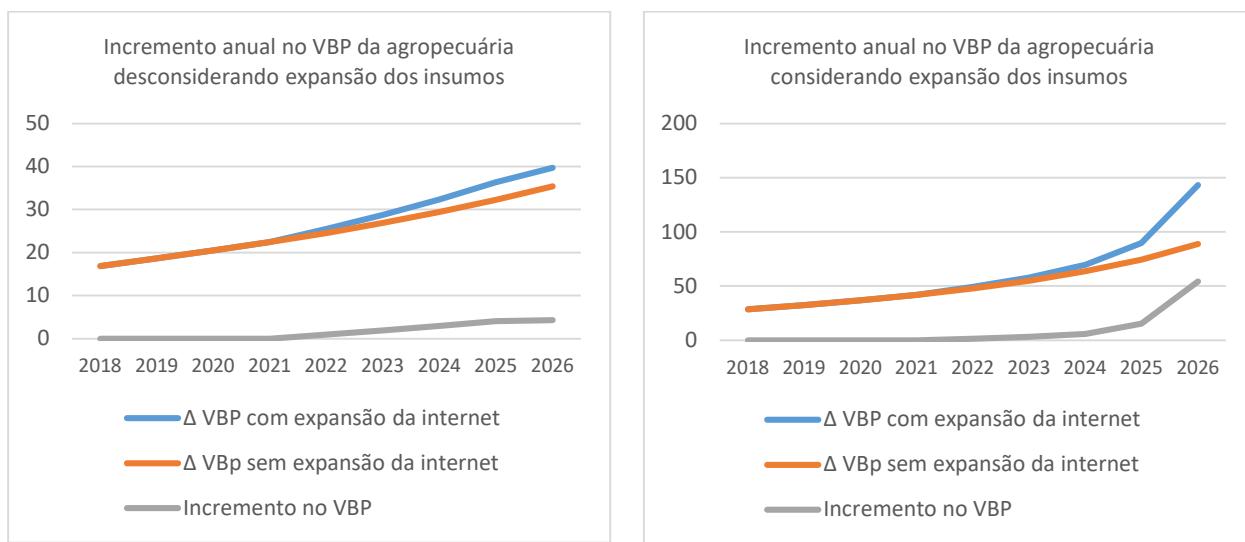


FIGURA 4. IMPACTO ESTIMADO DA IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO 2 SOBRE A TRAJETÓRIA DO VBP AGROPECUÁRIO, EM BILHÕES DE R\$ DE 2017.

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 (IBGE, 2020).

Os resultados apresentados na Figura 4 evidenciam um aspecto bastante relevante do impacto da internet sobre o VBP da agropecuária, que é a ampliação do impacto quando considerada a expansão dos insumos, conforme a tendência observada entre 2006 e 2017. No Cenário sem expansão do conjunto de insumos, o impacto agregado no VBP agropecuário entre 2022 e 2026 para o caso em que não se considera a expansão dos insumos é de R\$ 14,02 bilhões, enquanto que ao considerar a expansão dos insumos esse impacto chega à R\$ 79,60 bilhões.

A considerável diferença verificada na comparação das duas estimativas se deve ao fato de que a ampliação no conjunto de insumos disponíveis (Quadro 2) representou um importante elemento da evolução da produção entre 2006 e 2017, principalmente na região Norte. **O efeito do aumento de produtividade decorrente da expansão na cobertura da internet, quando associado à ampliação do uso de insumos, potencializa o crescimento da produção agropecuária.**

Quadro 2. Evolução na disponibilidade de insumos para a agropecuária, nos municípios brasileiros, entre 2006 e 2017.

	Área cultivável (milhões de ha)	Tratores (mil unidades)	Mão de obra (milhões de pessoas)
Norte	6.56	31.36	0.15
Nordeste	-2.48	21.35	-1.92
Sudeste	2.56	117.03	-0.60
Sul	0.77	169.48	-0.79
Centro	5.15	68.22	-0.10
Oeste			
Brasil	12.55	407.43	-3.26

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017.

*Valores inflacionados para R\$ de junho de 2017 utilizando-se o índice IGP-DI.

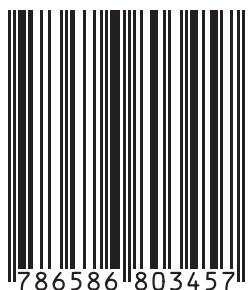
Observa-se no Quadro 2 que **houve queda considerável no número de pessoas ocupadas no campo entre 2006 e 2017, enquanto houve crescimento considerável no número de tratores e na área cultivável**. Esse crescimento observado de 407 mil unidades de tratores equivale a um aumento médio de 37 mil tratores/ano na frota brasileira, o que explica a diferença de potencial de incremento do VBP apresentada na Figura 4 quando considerada essa tendência de expansão do conjunto de insumos.

Verifica-se que o impacto da expansão da internet interage consideravelmente com a evolução nas frotas de tratores e na área cultivável. Isso implica que a implantação do cenário de aumento na cobertura de sinal, em articulação com políticas que permitem que a tendência de mecanização no campo se mantenha, é um caminho promissor para o desenvolvimento econômico no campo. Vale ressaltar que todas as inferências aqui realizadas fundamentam-se no comportamento da agropecuária entre 2006 e 2017, porém é provável que haja diferenças macroeconômicas e estruturais entre esse período e o período para o qual se estimou a implementação do Cenário na Figura 4. Ainda assim, considerar o comportamento passado para identificar o impacto da internet e realizar inferências sobre o futuro, é o caminho mais seguro para avaliar os resultados potenciais da política.

Em síntese, o que tais resultados evidenciam é que a expansão da cobertura do acesso à internet tem impactos diretos sobre a evolução da produtividade na agropecuária brasileira, e que a evolução de fatores como infraestrutura básica, armazenamento, ATER e educação, também tem o potencial de intensificar o crescimento do setor.

Síntese

- **Cenário 1 (utilização de antenas já existentes):** Se a capacidade ociosa das 4.400 antenas tivesse sido utilizada entre 2006 e 2017 conforme propõe o estudo, o VBP da agropecuária brasileira em 2017 seria até R\$ 21,09 bilhões maior (4.5% maior);
- **Cenário 2 (utilização de antenas já existentes + instalação de novas antenas):** Se fossem utilizadas as antenas 5.400 existentes e instaladas as 15.182 novas antenas entre 2006 e 2017, conforme propõe o estudo, o VBP da agropecuária brasileira em 2017 seria até R\$ 44,64 bilhões maior (9.6% maior).
- Essa estimativa mensura o impacto sobre a produção caso o cenário tivesse sido implementado, tomando como referência o intervalo 2006-2017, devido ao incremento na produção decorrente do efeito sobre produtividade ao longo dos 11 anos. No entanto, existe também um efeito permanente de incremento na produtividade (expansão da fronteira tecnológica), que deve ser levado em consideração para extração dos resultados.
- A estimativa dos impactos da implementação do Cenário 2 em 4 etapas evidencia que o impacto econômico da expansão na cobertura do acesso à internet varia consideravelmente a depender do aumento na disponibilidade de insumos. O impacto agregado no VBP agropecuário entre 2022 e 2026 para o caso em que não se considera a expansão dos insumos é de R\$ 14,02 bilhões, enquanto que ao considerar a expansão dos insumos segundo a tendência recente esse impacto chega à R\$ 79,60 bilhões.



9 786586 803457



ESALQ



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

