

Kleverton Clóvis de Oliveira Saath

**CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL DE ALIMENTOS E
AS LIMITAÇÕES DO FATOR TERRA NO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Arlei Luiz Fachinello.

Florianópolis
2016

Saath, Kleverton Clovis de Oliveira
CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL DE ALIMENTOS E AS
LIMITAÇÕES DO FATOR TERRA NO BRASIL / Kleverton Clovis de
Oliveira Saath ; orientador, Arlei Luiz Fachinello -
Florianópolis, SC, 2016.
103 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em
Economia.

Inclui referências

1. Economia. 2. crescimento populacional. 3. recursos
naturais. 4. uso da terra. 5. produtividade. I.
Fachinello, Arlei Luiz . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

Kleverton Clóvis de Oliveira Saath

CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL DE ALIMENTOS E AS LIMITAÇÕES DO FATOR TERRA NO BRASIL

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Economia.

Florianópolis, 08 de março de 2016.

Prof. Dr. Jaylson Jair da Silveira
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Arlei Luiz Fachinello.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida Silva Oliveira
Universidade Federal de São Carlos (Videoconferência)

Prof. Dr. Fernando Seabra
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Francisco Gelinski Neto
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC pela oportunidade de realizar uma pesquisa, nível de mestrado, e pelos valiosos ensinamentos acadêmicos e de vida ao longo de dois anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que financiou minha dedicação ao curso.

Ao meu orientado Prof. Dr. Arlei Luiz Fachinello, por igualmente encorajar-me e pela disposição em discutir o tema de segurança alimentar e uso de recursos naturais. Em especial, pela paciência em rever inúmeras vezes essa dissertação.

Agradeço a Evelise, pela agilidade em ajudar independente do problema, mesmo brigando um pouquinho.

A toda minha família, por acreditar no meu sonho e ajudarem nos momentos mais difíceis, nos quais apenas eles em sua infinita compreensão poderiam me ajudar. Agradeço em especial a minha mãe, Antoninha de Oliveira Saath, ao meu pai, Arnildo José Saath, por todo o incentivo que me prestaram e a Valéria, que mesmo com algumas brigas, sempre esteve ao meu lado.

É necessário mobilizar a vontade política e construir as instituições necessárias para garantir que decisões-chaves sobre investimentos no combate a fome sejam implementadas de forma eficaz.

(FAO, 2009)

RESUMO

O crescimento de renda per capita e urbanização observados nas últimas décadas e as previsões para as próximas, indicam uma necessidade crescente de alimentos no mundo. Observa-se ainda, pouca possibilidade de expansão de áreas agropecuárias, redução das taxas de produtividade agrícolas e certo esgotamento das tecnologias lançadas nas últimas décadas. O Brasil é um dos poucos países no mundo com espaço para expansão da produção em novas terras, embora os limites estejam próximos. Nesse contexto, o presente trabalho procurou analisar como o crescimento da demanda mundial por alimentos brasileiros entre 2012 e 2024 deve elevar a demanda de novas terras produtivas no Brasil e como a produtividade precisará se ajustar para atender às novas demandas e restrições legais sobre o uso das terras no país procurando atender essas demandas futuras e garantir a segurança alimentar no longo prazo. Para isso, o presente trabalho revisou na literatura as restrições no uso dos recursos naturais e o crescimento da oferta, as mudanças demográficas e geográficas estimadas para as próximas décadas. Além de identificar a fronteira agropecuária brasileira e analisar as potenciais políticas para garantir a segurança alimentar pelo lado da oferta até 2024. Para concretizar o objetivo da presente dissertação, foi empregado o modelo de insumo-produto, com base nas Contas Nacionais, que buscou analisar o crescimento da produção e terras após as variações na demanda final. Entre os resultados, destaca-se que mantida a produtividade de 2012, haveria uma demanda de área de 2.768 mil hectares acima da área legalmente disponível para uso agropecuário no país para 2024. A pecuária é a atividade que mais utilizaria terras em 2024 uma expansão de 8.207 mil hectares no período de 2012 a 2024. Considerando alguns ajustes na produtividade das lavouras e maior lotação na pecuária, essas demandas seriam atingidas e os limites da fronteira agropecuária. A demanda por terras utilizando a produtividade estimada pela literatura seria de 208.586 mil hectares, sendo inferiores as terras legalmente disponíveis para uso agropecuário segundo EMBRAPA (2014). Ajustes de produtividade regionais e realocação produtiva serão suficientes para atender as novas demandas no período estudado. O melhoramento das pastagens é apresentado como uma alternativa viável para aumentar a lotação da pecuária viabilizando a expansão da agricultura.

Palavras-chave: crescimento populacional, recursos naturais, uso de terra, produtividade.

ABSTRACT

The growth of per capita income and urbanization observed in recent decades and forecasts for the next, indicate a growing need for food in the world. It is observed also little possibility of expansion of agricultural areas, reducing agricultural productivity rates and certain exhaustion of technologies released in recent decades. Brazil is one of the few countries in the world with room for production expansion in new land, although the limits are close. In this context, the present study sought to analyze how the growth of world demand for Brazilian food between 2012 and 2024 should increase the demand for new farmland in Brazil and how productivity will need to adjust to meet the new demands and legal restrictions on the use of land in the country seeking to meet these future demands and ensure food security in the long run. For this, this paper reviewed the literature restrictions on the use of natural resources and the growth of supply, demographic and geographic changes estimated for the coming decades. In addition to identifying the Brazilian agricultural frontier and analyze the potential policies to ensure food security on the supply side by 2024. To achieve the objective of this thesis, we used the input-output model, based on National Accounts, which sought to analyze the growth of production and land after the variations in final demand. Among the results, it is emphasized that maintained the productivity of 2012, there would be 2.768 million hectares of demand above the legally available area for agricultural use in the country for 2024. Cattle ranching is the activity that most would use land in 2024 an expansion 8.207 million hectares in the period from 2012 to 2024. Considering some adjustments in crop yields and increased capacity in livestock, these demands would be met and the limits of the agricultural frontier. Demand for land use productivity estimated in the literature would be 208,586,000 hectares, lower land legally available for agricultural use according to EMBRAPA (2014). regional productivity adjustments and production relocation will be sufficient to meet the new demands in the period studied. The improvement of pastures is presented as a viable alternative to increase livestock stocking enabling the expansion of agriculture.

Keywords: Population growth. Natural resources. Land use. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de alimentos na dieta alimentar diária em kcal em 1964 e 1999 e as projeções para 2030 (em kcal/pessoa/dia).....	38
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População de 1980 a 2010 e as projeções até 2050 (em milhões).....	35
Tabela 2: Renda per capita (PIB/População) entre 1980 a 2010 e as projeções até 2050 (em dólar).....	37
Tabela 3: Crescimento da demanda por produtos agropecuários brasileiros entre 2012 e 2024.....	58
Tabela 4: Áreas de terras em uso em 2012 e necessárias em 2024 no Brasil com produtividade constante (em mil hectares).....	61
Tabela 5: Usos e limites de terras no Brasil para fins agropecuários - 1970/2006 (em mil hectares).....	62
Tabela 6: Crescimento da produtividade, da produção agropecuária e da demanda de terra para 2012 e 2024.....	64
Tabela 7: Evolução da produtividade das terras no Brasil entre 1970 e 2012 (em ton/ha).....	66
Tabela 8: Produtividades agropecuárias regionais no Brasil entre 1990 e 2012 (em ton/ha).....	68
Tabela 9: Comparação do crescimento anual da produtividade agropecuária brasileira entre 1990-2012 e 2012-2024 (em %).....	70
Tabela 10: Taxa de crescimento ano a ano das terras agropecuárias, lavouras, pastagens e matas plantadas entre os anos de 1970 a 2006.....	72
Tabela 11: Percentual da área de lavouras (permanente mais temporária) irrigada em 2006, discriminados por tamanho da área dos estabelecimentos (em %).....	74
Tabela 12: Percentual dos estabelecimentos que utilizam adubos nas lavouras e pastagens em 2006 (em %).....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
IFPRI – International Food Policy Research Institute
ONU – Organization of the United Nations
UNRIC – Centro Regional de Informação das Nações Unidas
DEAGRO – Departamento do Agronegócio
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
EUA – Estados Unidos da América
CFB – Código Florestal Brasileiro
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
APPs – Áreas de Preservação Permanente
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MMA – Ministério do Meio Ambiente
Funai – Fundação Nacional do Índio
UCs – Unidades de Conservação
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PROSOLO – Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos do Solo
PROLEITE – Programa de Incentivo a Mecanização, ao Resfriamento e ao Transporte Granelizado da Produção de Leite
MODERFROTA – Programa de Modernização da Frota de Máquinas Agrícolas
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
PTF – Produtividade Total dos Fatores
CBAP - Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão
ILP – Integração Lavoura Pecuária
PRONAF – Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar
P&D – Pesquisa e desenvolvimento
PAM – Produção Agrícola Municipal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Objetivos	25
1.1.1 Objetivo Geral	25
1.1.2 Objetivos Específicos	26
2 DEMANDA DE ALIMENTOS, PRODUTIVIDADE E RESTRIÇÕES NO USO DA TERRA NO BRASIL	27
2.1 Segurança alimentar e o uso dos recursos naturais	27
2.2 Transformações demográficas e de renda sobre as novas demandas de alimento no mundo	34
2.3 Disponibilidade de novas terras agropecuárias no mundo e no Brasil	39
2.4 Possibilidades de aumento da produtividade agropecuária no Brasil	43
3 MÉTODOLOGIA	53
3.1 Método	53
3.2 Material	55
4 CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL POR ALIMENTOS E A DISPONIBILIDADE DE NOVAS ÁREAS DE TERRA PARA FINS AGROPECUÁRIOS NO BRASIL	57
4.1 Realocação produtiva com produtividade constante	57
4.2 Realocação produtiva com crescimento de produtividade	63
4.3 Desafios para o crescimento da produtividade e políticas econômicas para a próxima década	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	101

1 INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2015), cerca de 805 milhões de pessoas no mundo não têm comida suficiente para levar uma vida saudável e ativa, o que representa algo em torno de uma em cada nove pessoas no mundo. Embora, o problema de insegurança alimentar existente no mundo hoje é proveniente da impossibilidade das classes mais pobres ter acesso aos alimentos necessários para ter uma alimentação saudável e balanceada. As projeções de crescimento populacional, do aumento do consumo per capita e renda, da expansão das cidades e das restrições no uso de terra, nas próximas décadas, faz mais presente o debate sobre a incapacidade de atender às necessidades humanas por alimentos.

Com relação à demanda, as projeções populacionais indicam crescimento acelerado e contínuo nas próximas décadas, o que deve elevar a demanda de alimentos em geral. De acordo com a ONU (2012), a população mundial em 2024 será superior a 8 bilhões de pessoas e, em 2050, superior a 9,5 bilhões. Tais números representam um crescimento de 13,16% de 2012 a 2024 e 34,90% entre 2012 a 2050. Este crescimento deve ocorrer principalmente em países em desenvolvimento, mais especificamente na Nigéria, na República Democrática do Congo, na Etiópia e na Índia, onde o número médio de filhos vem crescendo de forma acelerada nos últimos anos (ONU, 2012).

Além da expansão populacional, a concentração nas cidades e o crescimento da renda deverão ampliar a demanda de alimentos. A população urbana mundial passou de aproximadamente 746 milhões em 1950 para 3,9 bilhões em 2014. Segundo o ONU (2012), o crescimento da população mundial poderá trazer mais 2,5 bilhões de pessoas para as áreas urbanizadas até 2050, com quase 90% do crescimento centrado na Ásia e na África. O processo de urbanização deve ocorrer com o crescimento da renda per capita e mudanças no padrão de consumo da população mundial.

No tocante à oferta, a expansão da fronteira agrícola diante das atuais restrições ambientais é bastante restrita. Segundo a FAO (2013), a disponibilidade de áreas agrícolas está centrada em poucos países; cerca de 90% das terras para a expansão agrícola se encontram na América Latina e África-Subsaariana. Além disso, países como China e EUA não possuem mais novas áreas para a exploração agrícola.

Somando às limitações na expansão para novas áreas produtivas, os problemas ambientais e a redução das reservas de fertilizantes ampliam as restrições da oferta. Esse contexto reforça as ideias

apresentadas na década de 1970 pelos neo-malthusianos, Ehrlich (1968), Hardin (1968 e 1974) e Meadows et al. (1972), que destacavam os efeitos da exaustão dos recursos naturais e da poluição sobre a oferta de alimentos.

As restrições pelo lado da oferta remontam à hipótese malthusiana de incapacidade de atender às demandas futuras e por consequência ao crescimento da fome mundial. Sob esta perspectiva, a fome foi e é considerada um dos problemas mais persistentes da história da humanidade. O estudo dessa problemática tem como referência Malthus (1798), que considera o crescimento populacional a variável-chave responsável pela existência da fome no mundo. Segundo o autor, a população cresce em progressão geométrica, enquanto que o crescimento da oferta de alimentos aumenta em ritmo aritmético. Nestas condições, a ocorrência de uma grande miséria é inevitável se medidas de controle populacional não forem tomadas.

A agricultura moderna se encarregou de contradizer a hipótese malthusiana. O crescimento da oferta foi percorrido por três principais etapas: a primeira com a descoberta da agricultura, de acordo com Moraes (2010), por volta de 10.000 a.C., que possibilitou não só a criação de civilizações, mas também as descobertas de técnicas de plantio; a segunda etapa teve início no século XIX, conforme apontam Goodman e Redclift (1991), com a comprovação empírica da relação positiva entre o uso de insumos químicos e produtividade, realizada por Justus Von Liebig no final do século XIX; a terceira etapa ocorreu com a mecanização da agricultura e o uso de modernas técnicas de produção. Albergoni e Pelaez (2007) afirmam que o conhecimento e a manipulação da genética marcaram um novo passo para o crescimento da produção, com plantas mais resistentes às pragas e às mudanças de temperatura.

Essas inovações possibilitaram a ampliação da produção. Atualmente, segundo a FAO (2015), a produção mundial de alimentos ultrapassa a necessidade média de calorias necessárias para todos os seres humanos, que é de 2000 kcal/dia/pessoa. Todavia, aspectos distributivos que provocam insegurança alimentar e as projeções populacionais para a próxima década fazem com que a falta de alimentos continue sendo uma possibilidade bastante próxima, pois o aumento da produção mundial de alimentos com as mesmas ferramentas do passado já demonstram restrições.

O debate sobre incapacidade de atendimento das demandas futuras de alimentos está sendo retomado por diversos autores, tais como Abramovay (2010), Da Silveira et al. (1992), Pereira (2010) e

Falcon et al. (2005), para citar apenas alguns. Entre os estudos mais recentes, Company (2011) e FAO (2013) analisaram as restrições da fronteira agrícola, mas não abordaram o caso brasileiro. Cordell et al (2009) e Cordell et al. (2011) analisaram as restrições da produtividade agrícola em relação ao uso de insumos. No entanto, poucos estudos discutem os limites para a expansão agropecuária no Brasil. Isso se deve, em grande parte, ao desconhecimento desse limite. Como destaca Saywer (2013), para alguns pesquisadores a fronteira agrícola brasileira não existe.

Os estudos mais recentes sobre o uso de terras no Brasil em função do crescimento da demanda mundial são apresentados pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2014) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014). Porém, esses dois trabalhos não avançam no debate acadêmico sobre a exaustão dos recursos naturais, mudanças na produtividade agropecuária e os limites da fronteira agrícola. Além disso, esses estudos não abordam os principais desafios para auxiliar no crescimento da oferta de alimentos buscando garantir a segurança alimentar em longo prazo.

Com base nesse contexto e levando em consideração as lacunas observadas na literatura, o presente trabalho visa analisar como a expansão da demanda mundial de alimentos por produtos brasileiros na próxima década deve elevar as necessidades por novas terras produtivas no país e quais os avanços, em termos de produtividade, são necessários nas culturas agropecuárias. O estudo utiliza estimativas de crescimento da demanda por exportações e consumo interno do Brasil entre os anos de 2012 e 2024 dos principais produtos alimentícios e outros produtos agropecuários (celulose e etanol), relacionando-os à necessidade de produção e terras. Os objetivos do referente trabalho são expostos a seguir.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar como o crescimento da demanda mundial por alimentos brasileiros entre 2012 e 2024 deve elevar a demanda de novas terras produtivas no Brasil e como a produtividade precisará se ajustar para atender às novas demandas e restrições legais sobre o uso das terras no país.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar as relações entre restrições de recursos naturais e segurança alimentar abordadas na literatura;
- Contextualizar as previsões de mudanças demográficas e geográficas mundiais nas próximas décadas;
- Identificar os possíveis fatores que podem contribuir para o aumento da produtividade agropecuária nas próximas décadas;
- Calcular o impacto das novas demandas de alimentos sobre a produção agropecuária no Brasil no período de 2012 a 2024.
- Analisar a necessidade de novas áreas de terras para a produção de alimentos frente às estimativas de demanda para 2024 e os ajustes de produtividade necessários;

Para concretizar os objetivos dessa dissertação o referente trabalho está dividido em cinco grandes capítulos, além desta introdução. No segundo capítulo, será abordado o debate teórico sobre a demanda de alimentos e as restrições na oferta, a natureza do crescimento da demanda por alimentos agropecuários, além dos principais eventos esperados relacionados ao tema, no Brasil e no mundo.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia a ser utilizado, um modelo de equilíbrio geral com aplicação para o Brasil. Aproveita-se ainda, para se apontar quais as fontes dos dados que compõem o modelo e a análise.

No quarto capítulo, apresentam-se os resultados do modelo, e realiza-se a construção de cenários com ajustes de produtividade analisando a necessidade da oferta de alimentos e as restrições da fronteira agrícola. Também, são apresentados, após os resultados do modelo, possíveis políticas e técnicas para possibilitar o crescimento da oferta de alimentos às necessidades estudadas. Encerra-se a dissertação com as considerações finais, no capítulo cinco.

2 DEMANDA DE ALIMENTOS, PRODUTIVIDADE E RESTRIÇÕES NO USO DA TERRA NO BRASIL

Este capítulo apresenta as principais evidências encontradas na literatura econômica em relação ao crescimento da demanda de alimentos e uso dos recursos naturais. Além disso, são abordadas questões inerentes às mudanças demográficas, ao crescimento da demanda de alimentos no mundo e às restrições da oferta. A seção 2.1 apresenta o debate teórico sobre as variáveis que desempenham papel fundamental no crescimento da demanda de alimentos e as restrições pelo lado da oferta em virtude da escassez de recursos. A seção 2.2 concentra-se nas transformações demográficas e geográficas que vêm ocorrendo no mundo e seus impactos sobre a demanda de alimentos. Na seção 2.3 é apresentada a disponibilidade de novas terras para expansão da agropecuária, considerando as restrições legais de conservação de florestas. Por fim, a seção 2.4 trata das tecnologias e dos métodos disponíveis para o aumento da produtividade agropecuária.

2.1 Segurança alimentar e o uso dos recursos naturais

Segundo *World Food Summit* (1996), a segurança alimentar existe quando as pessoas têm acesso a alimentos saudáveis conforme sua dieta alimentar e necessidades para desempenhar uma vida saudável e ativa. A descoberta que os seres humanos necessitam de uma dieta balanceada, rica em uma série de nutrientes, faz do termo fome insuficiente. Segundo De Castro (1952), não é somente quando a alimentação é insuficiente que estamos ameaçados, mas também se ela for mal constituída. Ainda, segundo o autor, as gerações passadas não se aprofundaram no estudo sobre a problemática da fome, pois havia dois sentimentos profundos, sendo o primeiro oriundo da convicção milenar de que os males provocados por flagelos naturais são inevitáveis e, o segundo, da ideia de que a própria organização das sociedades comporta desigualdade entre os homens e que estas, por sua vez, são inevitáveis.

O avanço da ciência torna insuficientes esses dois argumentos, fazendo com que a problemática da fome e da insegurança alimentar sejam tratados e enfrentados, ao longo da história, o que permite observar os aspectos subjetivos e ideológicos de cada enfoque. Neste trabalho, são apresentados três principais enfoques que contribuirão com o tema de segurança alimentar. Primeiramente, são abordadas as contribuições da vertente liberal, defendida por Sen (2001) e Singer (2002). Em seguida,

são expostas as contribuições da vertente marxista, defendida por Marx (1984) e Neto (2001). Enfim, é analisada a forma como Malthus (1798) apresenta essa problemática e a literatura que o sucedeu.

Sen (2001) e Singer (2002) tinham o entendimento de que a fome era e é provocada muito mais pela impossibilidade de acesso aos alimentos existentes do que pela escassez absoluta na oferta. Na raiz do problema não reside somente à falta de dinheiro para comprar comida, mas também a falta de democracia. Como resultado, as políticas públicas não conseguem fazer com que os alimentos cheguem aos que não podem produzi-los ou adquiri-los no mercado.

As constatações de Sen (2001) e Singer (2002) também são encontradas no trabalho de Maluf et al. (1996). O autor observa que a modernização e a ampliação da capacidade de produção e distribuição de alimentos no Brasil, com ganhos expressivos de eficiência a partir dos anos 80, não resultaram, com poucas exceções, no barateamento relativo dos alimentos e, portanto, pouco contribuíram para a ampliação do acesso aos mesmos pelos segmentos de menor renda da população.

Da Silveira et al. (1992) encontra evidências de crescimento da produção de alimentos e da fome no Brasil no período de 1973 a 1991, apontando como causa a impossibilidade de acesso aos alimentos em razão da distribuição de renda. Essas conclusões também são reforçadas no trabalho de Barros et al. (2001), que avalia a importância relativa da escassez de recursos e da sua distribuição na determinação da pobreza no Brasil e mostra que a origem da pobreza brasileira não está na escassez, absoluta ou relativa, de recursos. Por outro lado, verifica-se que o enorme grau de desigualdade na distribuição de renda nas duas últimas décadas (80 e 90) constitui o principal determinante da pobreza no país.

Para a vertente marxista, no entanto, como nas visões de Marx (1984) e Neto (2001), a fome e a reprodução da pobreza são atribuídas à existência do sistema capitalista. Todavia, essas considerações têm mais pertinência quando o foco da análise é a pobreza relativa e não a pobreza absoluta, a qual, segundo análise de Doyal e Gough (1991), está relacionada ao conceito de necessidades humanas básicas.

Malthus (1798), ao iniciar o debate sobre o crescimento populacional e a escassez de alimentos, atribui à existência da pobreza absoluta ao crescimento populacional. Seu estudo ganhou notoriedade no assunto ao buscar bases científicas para prever o estado futuro da humanidade. Suas conclusões afirmam que o tamanho da população tenderia sempre a exceder o crescimento do estoque de alimentos. De acordo com as previsões apresentadas, no futuro não haveria alimentos suficientes para saciar a fome de toda a população do planeta.

Segundo Abramovay (2010), as projeções de Malthus (1798) foram equivocadas, mas a trajetória tomada para aumentar a demanda mundial de alimentos acima das necessidades humanas gerou a sobre-exploração dos recursos naturais e subseqüentemente sua degradação. O uso de insumos na agricultura gerou a contaminação dos recursos naturais (GOODMAN e REDCLIFT, 1991).

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2010) mostra que, dos 24 serviços prestados pelos ecossistemas às sociedades humanas, nada menos que 15 se encontram degradados ou são usados de forma insustentável. Dentre eles, destaca-se a degradação da água, do ar, do controle da erosão e das enchentes, da oferta de alimentos, da reciclagem de nutrientes, da obtenção de madeira, energia, medicamentos e dos serviços de regulação do próprio clima.

Segundo Moreira (2013), os problemas ambientais são consequências do modelo de produção adotado pela Revolução Verde que se caracteriza pela sua insustentabilidade em longo prazo. Tal fato proporcionou grandes críticas ao modelo, no sentido de apontar os problemas que essas práticas produtivas impõem à natureza e ao ecossistema, além de ressaltar o caráter concentrador de riquezas e de benefícios sociais a ela associado.

A partir disso, as questões ambientais tornaram-se foco de intenso debate entre as décadas de 1960 e 1970, com o “renascimento do ambientalismo¹” nos mais diversos fóruns de decisão, públicos e privados, nas esferas local, nacional e internacional, preocupados com o temor de uma futura e não tão distante escassez de recursos naturais, a apreensão com “efeitos colaterais” do avanço tecnológico e, sobretudo, o crescimento desenfreado da população e, por consequência a fome, conforme apontam Hardin (1968), Ehrlich (1968) e Meadows et al., (1972).

Em consonância com Hardin (1968), o livre acesso e a falta do estabelecimento de direito de propriedade, ao lado da limitação física dessas áreas, causariam, ao longo do tempo, sua sobre-exploração e degradação. Ainda, conforme o autor explica, esse mesmo princípio reaparece nos chamados problemas de poluição. Nesses casos, o problema não seria retirar algo da natureza, e sim adicionar químicos, radioatividade, gases poluentes e inclusive poluição visual. O autor afirma que isso acontece porque, para o produtor, é mais barato poluir do que

¹ Para maior aprofundamento dos debates ambientalista ver O’Riordan (1977) e McCormick (1992).

tratar os poluentes, antes de “liberá-los” no meio ambiente. Para Hardin, a poluição também é considerada consequência do crescimento acelerado da população, que saturou os processos de reciclagem naturais de químicos e lixo orgânico.

Em 1974, o autor volta a ressaltar o problema da escassez de recursos e do crescimento populacional, enfatizando o uso de uma metáfora; um bote salva-vidas, com poucos suprimentos (os “recursos escassos”), por ocasião de um naufrágio. A metáfora é um reforço utilizado pelo autor de maneira a expressar o problema do crescimento populacional e do uso abusivo de recursos esgotáveis.

As posições acima descritas não eram exclusivas de Hardin, uma vez que outros autores, tais como Ehrlich (1968) e Meadows et al. (1972), também fazem previsões segundo as quais o planeta caminha, inevitavelmente, para a sua ruína. Ehrlich (1968) afirmava que já era tarde demais à época (início dos anos 1970) para soluções que não fossem draconianas com respeito ao controle populacional, especialmente no Terceiro Mundo. Ou seja, nenhuma mudança comportamental ou tecnológica poderia salvar a humanidade de uma catástrofe ecológica, a não ser que sérias medidas de controle populacional fossem urgentemente tomadas.

Ehrlich também compara o crescimento populacional com um câncer, afirmando que o controle apenas dos sintomas não leva a cura, pois ao tratar os sintomas, a pessoa pode se sentir melhor, mas morrerá e provavelmente de uma forma horrível. Assim, seria urgente parar de fomentar os programas de combate à fome, meros controles de sintomas, e partir para curar definitivamente o câncer, ou seja, o crescimento populacional.

O autor mudou gradativamente seu discurso, passando a defender, a partir de 1973, a ideia de que havia vários outros fatores que colaboravam para a deterioração ambiental. Entretanto, mesmo com o reconhecimento da atuação de “outras causas”, a determinante populacional continuou sendo a tônica da opinião de Ehrlich (HOLDEN, 1972).

Ademais, no início dos anos 1970, a necessidade de levantar variáveis que conjuntamente pudessem explicar as relações entre o crescimento e o meio ambiente ensejou a oportunidade de um novo tratamento matemático, como ressalta McCormick (1992).

Por esta razão, Meadows et al. (1972) utilizaram modelos computacionais para prever o futuro da humanidade e concluem que o crescimento descontrolado da população alcançaria seus limites em 100 anos a partir de 1970. Assim, o crescimento demográfico e econômico

seriam os responsáveis pela pressão sobre os recursos naturais, sobre a oferta de alimentos e a qualidade do meio ambiente. Os resultados dessas pressões seriam a exaustão dos recursos naturais, a fome e o crescimento dos efeitos deletérios da poluição sobre a qualidade ambiental.

Ainda, segundo o estudo de Meadows et al. (1972), o resultado do comportamento do sistema, dadas as tendências identificadas, é seu completo colapso. Os resultados encontrados retornam ao problema “malthusiano”, no sentido de que se trata de crescimento com base em recursos finitos. A necessidade de recursos cresce de forma que uma enorme quantidade é necessária, ou seja, o caminho para o colapso acontece pelo fato de que a exploração de recursos esgotáveis leva à extinção desses recursos em ritmo cada vez maior e seu uso descontrolado causa efeitos no meio ambiente.

Segundo Abramovay (2010), o aquecimento global é talvez a expressão mais emblemática desses efeitos, que se exprime também no ritmo preocupante de declínio da biodiversidade em todo o mundo. Isso significa que a extraordinária redução da fome para os próximos anos mostra-se menos promissora, pois a agricultura é o setor econômico mais diretamente dependente de fatores naturais ligados à regulação climática.

Por outro lado, segundo Moraes (2010) e Ferreira Filho et al. (2015) mudanças de temperatura de até 4°C no Brasil, propiciariam a expansão da produção da cana-de-açúcar na região Sul e Sudeste do país, assim haveria uma mudança no uso da terra, entretanto a medida que a temperatura média aumenta os autores também encontram queda na produtividade dos principais produtos agropecuários.

Pesquisadores da Universidade de Washington e da Universidade de Stanford chegaram a resultados ainda mais impressionantes. Com base na análise de vinte e três modelos climáticos globais, segundo Battisti (2009), é de 90% a chance de que as temperaturas dos trópicos e dos subtropicais, no final do século XXI, excedam as maiores temperaturas já registradas entre 1900 e 2006. Isso significa ficar muito além das médias habituais, ampliando o risco de perda nas safras. Para o caso brasileiro, há risco de “savanização” de boa parte da Amazônia, elevação do nível do mar em direção às regiões Nordeste e Norte, secas mais recorrentes no Nordeste, degradação de rios e dos solos na região Sudeste e chuvas intensas e inundações nas áreas costeiras e urbanas das Regiões Sudeste e Sul (DINIZ, 2008).

Abramovay (2010) também comenta que essas mudanças impactarão no rendimento das culturas, reduzindo a produtividade das lavouras mesmo com a aplicação de fertilizantes. Para o *International Food Policy Research Institute* (IFPRI, 2009), a aplicação de fertilizantes

na agricultura deveria apenas atenuar a queda na produtividade. Além disso, segundo Cordell et al. (2009), as reservas de fósforo, elemento derivado de recurso natural não renovável, podem ser esgotadas nos próximos 50 a 100 anos, o que pode acelerar a escassez de alimentos no longo prazo.

As constatações encontradas por esses autores são ratificadas por estudos mais recentes. A ONU (2015) conclui que, embora a água seja um recurso renovável, o uso ineficiente, principalmente na agropecuária, pode gerar a sua falta em algumas regiões do mundo devido ao fato de que o processo de uso é mais intenso que o próprio ciclo natural da mesma. Schmidhuber (2007) verifica que as alterações climáticas aumentarão a dependência dos países em desenvolvimento sobre as importações e acentuarão o foco existente de insegurança alimentar na África Subsaariana e, em menor medida, no Sul da Ásia. No âmbito do desenvolvimento mundial, os impactos adversos das alterações climáticas cairão desproporcionalmente sobre os pobres. Assim, Schmidhuber (2007) estima que serão adicionados entre 5 e 170 milhões de pessoas no mapa da fome² até 2080.

Lobell et al. (2008) também encontra estas evidências ao analisar os efeitos do aquecimento global sobre a agricultura para 2030. Com base em modelos estatísticos e de culturas de clima de 20 modelos de circulação geral, seus resultados também apontam que o Sul da Ásia e o Sul da África são duas regiões que provavelmente deverão sofrer impactos negativos sobre diversas culturas.

Além disso, Godfray et al. (2010) estima que a população mundial deve crescer em ritmo acelerado, pelo menos, por mais 40 anos. Conseqüentemente, deve aumentar a concorrência por terra, água e energia, a sobre-exploração da pesca e a necessidade urgente de redução do impacto do sistema alimentar sobre o meio ambiente.

Embora, a problemática da fome hoje esteja diretamente ligada aos problemas de distribuição e renda, a degradação dos recursos naturais

² A alta amplitude encontrada nesse trabalho é em virtude de serem considerados quatro cenários diferentes com base no Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES), são eles; A1,A2, B1 e B2. O cenário, A1, corresponde o mais alto de emissões, B1 corresponde ao menor e A2 assume o maior crescimento da população projetada dos quatro cenários. Quanto às mudanças de temperatura dos cenários considerados, a temperatura média da superfície global está projetada a subir numa gama de 1,8 ° C (com um intervalo de 1,1 ° C a 2,9 ° C durante SRES B1) a 4,0 ° C (com um intervalo de 2,4 ° C a 6,4 ° C para A1).

deve intensificar negativamente esta problemática em longo prazo. Segundo Gregory et al. (2005), a disponibilidade e qualidade da água subterrânea para irrigação, o uso dos recursos naturais e os efeitos diretos da mudança climática devem influenciar na segurança alimentar.

Além dessas problemáticas, as restrições do uso de terras produtivas dificulta o aumento da produção através da expansão da fronteira agropecuária, criando empecilhos para a segurança alimentar. Segundo Lal (1990), a área terrestre do mundo, adequada para agropecuária, em uso e potencial, compreende cerca de 3 bilhões de hectares. “Atualmente, mais de 1,5 bilhões de hectares são usados para a produção agrícola” (FAO, 2013, p, 10). Embora a quantidade disponível seja considerável, grande parte desta terra é coberta por florestas, protegida por razões ambientais ou usada para assentamentos urbanos, o que restringe a expansão de novas áreas agropecuárias. Além disso, segundo Pimentel, et al. (1976), a cada ano mais de 2,5 milhões de hectares de terras aráveis são substituídas por rodovias, urbanização e outros usos especiais.

A FAO (2013) mostra que cerca de 90% das terras disponíveis para a agropecuária estão na América Latina e África Subsaariana. Embora o Brasil seja apontado como um dos principais países com disponibilidade de terras para a expansão da área agropecuária, pouco se sabe sobre os limites reais e quanto próximos dele estamos. Ou seja, há uma vasta literatura³ sobre o crescimento da fronteira agrícola brasileira, mas não são encontrados estudos que demonstram o seu real limite.

Para Saywer (2013), a expansão da fronteira provoca grandes denúncias sociais e previsões ecológicas catastróficas, particularmente no caso da Amazônia. Em relação aos limites da fronteira agrícola, o autor ressalta que para muitos autores a fronteira não mais existe. Nunca houve clara compreensão da fronteira agrícola brasileira, quanto ao seu papel real ou potencial. O que se sabe é que a fronteira agrícola brasileira ainda está em expansão. Segundo Gasques et al. (1990), nos períodos anteriores à década de 80, o crescimento da agricultura brasileira deu-se pelo emprego de mão de obra e pela incorporação de novas terras. Já na década de 1980, a produtividade foi o fator que mais contribuiu para o aumento da produção agrícola, embora também tenha ocorrido crescimento da área agropecuária.

Em conformidade com as ideias de Gasques et al. (1990), Ferreira Filho et al. (2012) mostram que os limites da fronteira agrícola

³ Dentre os estudos que abordam o tema da fronteira agrícola brasileira são: Nicholls (1970), Veiga et al. (1996), Dias Filho (2011) e Luz (2006).

brasileira e a taxa de desmatamento foram consideravelmente reduzidos nos últimos anos, impondo novos desafios à expansão da agricultura. Ainda, conforme Gasques et al. (1990) apontam, que os efeitos causados pelas mudanças no uso indireto da terra afetam mais diretamente os produtos de origem animal devido à queda na taxa de conversão de florestas em pastagens. Além disso, há o aumento da taxa de conversão de pastagens em lavouras, que tenderia a reduzir as áreas da pecuária.

As observações dos autores das limitações do crescimento da fronteira agropecuária e das mudanças climáticas alinham-se às ideias defendidas por Ehrlich (1968) e Meadows et al. (1972). A limitação da expansão de terras agrícolas combinada com as mudanças climáticas faz da segurança alimentar um problema contemporâneo, pois a restrição dos recursos naturais reduz a oferta mundial de alimentos e aumenta o número de pessoas no mapa da fome. Essas exposições também reforçam as projeções de Schmidhuber (2007), expostas anteriormente.

Outro importante estudo sobre a degradação do meio ambiente proveniente do crescimento econômico é o trabalho de Salvo et al., (2015), que analisam os impactos das atividades econômicas do Brasil com a utilização de um modelo de insumo-produto e a Pegada ecológica em 2006 para identificar os sectores económicos com maior potencial para a apropriação de parcelas do mundo natural. Dos principais resultados, mostram que apenas alguns sectores económicos exibem alta Pegada Ecológica, principalmente os pertencentes à criação de gado e produção de energia com base em combustíveis fósseis.

Ademais, cabe ressaltar que as novas perspectivas do crescimento populacional, o aumento do consumo per capita e a expansão das cidades nas próximas décadas proporcionam o crescimento da demanda por alimentos e a preocupação ambiental, uma vez que o crescimento da renda impulsiona o consumo. Este constituirá o foco da seção a seguir.

2.2 Transformações demográficas e de renda sobre as novas demandas de alimento no mundo

Segundo a ONU (2012), as mudanças demográficas vêm ocorrendo de forma mais intensa nas últimas décadas. Além do crescimento populacional, a população mundial tem crescido com maior renda per capita, observando-se intensivo processo de urbanização. Ainda, segundo a instituição, a atual população mundial de 7,2 bilhões de pessoas está projetada para crescer nos próximos anos em ritmo acelerado e contínuo. A população mundial em 2024 deve ultrapassar 8

bilhões de pessoas e, em 2050, deve chegar a 9,5 bilhões, com maior crescimento nos países em desenvolvimento, principalmente nos países da África. Na Tabela 1 é apresentada a população em milhões de pessoas discriminados por grupos de países até 2010 e as projeções até 2050, conforme ONU (2012), os dados são agregados conforme *World Bank list of economies (July 2015)*. O valor da tabela é inferior ao divulgado anteriormente pelo fato de englobar 128 países, os mesmos são selecionados para comparação com a Tabela 2 que será apresentada nesse tópico. O nome dos continentes correspondentes a sigla estão no rodapé.

Tabela 1: População de 1980 a 2010 e as projeções até 2050 (em milhões)

Ano	AFR ⁴	EAS	ECS	LCN	MEA	NAC	SAS	BRA	MUN
1980	313	1.403	710	220	77	255	891	122	3.990
1990	412	1.660	747	272	112	282	1.123	150	4.758
2000	526	1.844	760	326	140	315	1.361	175	5.447
2010	658	1.990	779	371	177	346	1.578	195	6.096
2012	689	2.020	783	380	184	352	1.620	199	6.226
2024	887	2.156	792	433	220	387	1.853	216	6.943
2050	1.394	2.176	773	501	273	446	2.154	231	7.948

Fonte: Adaptado de ONU (2012), elaboração própria.

A África, o Leste Asiático e o Sul da Ásia são as regiões que se esperam as maiores populações em 2024 e 2050. Segundo ONU (2012) indicam que, embora esteja havendo uma rápida queda no número médio de filhos por mulher em grandes países em desenvolvimento, destaca-se nesse caso a China, Indonésia, Irã, Brasil e África do Sul, tem-se um rápido crescimento na Nigéria, na República Democrática do Congo e Etiópia e em especial na Índia. O crescimento do número médio de filhos nessas regiões deve fazer da Índia o maior país do mundo, com uma população prevista para 2028 de 1,45 bilhões de pessoas.

⁴ AFR-África, EAS-Leste Asiático e Pacífico, ECS-Europa e Ásia Central, LCN-América Latina e Caribe, MEA- Oriente Médio, NAC-América do Norte, SAS-Sul da Ásia, BRA-Brasil, MUN-Mundo.

Bodstein et al. (2014) observam que, além do crescimento do número de filhos nessas regiões, espera-se que também ocorra o crescimento da expectativa de vida. Essa realidade tem impacto direto no crescimento populacional previsto para as próximas décadas, pois atualmente são 810 milhões de pessoas com 60 anos ou mais no mundo, o que representa 11,5 % da população mundial. As expectativas são de que esse número alcance um bilhão em menos de 10 anos e mais que duplique em 2050, alcançando dois bilhões de pessoas, ou seja, 22 % da população global.

Além do crescimento populacional, segundo ONU (2012), a concentração nas cidades deve continuar. A população urbana, a nível mundial, tem crescido rapidamente passando de 746 milhões em 1950 para 3,9 bilhões em 2014. A Ásia, aloja 53% da população urbanizada a nível mundial, seguida pela Europa com 14 % e pela América Latina e Caribe, com 13% .

Para os autores Martins e Leite (2013. p. 8), “o crescimento da urbanização vem ocorrendo de forma mais rápida na China, onde houve crescimento de cerca de 191 milhões de pessoas em 1980, para 562 milhões em 2005 e para 622 milhões em 2010”. As expectativas segundo a edição de 2014 das *Perspectivas da Urbanização Mundial (World Urbanization Prospects)* é que o crescimento urbano continue nessas regiões e que o maior crescimento será observado na Índia, China e Nigéria. Além disso, ONU (2012) conclui que a urbanização, associada ao crescimento da população mundial, poderá trazer mais 2,5 bilhões de pessoas para as áreas urbanas em 2050, sendo quase 90% do crescimento centrado na Ásia e na África. Assim, segundo ONU (2012), a Índia, China e a Nigéria contarão com 37% do crescimento urbano projetado em nível da população mundial entre 2014 a 2050. A Índia deve acrescentar cerca de 404 milhões de habitantes nas cidades, a China 292 milhões e a Nigéria 212 milhões.

Segundo Bresser-Pereira (1964) e Zhou et al. (2014), a explicação para o processo de urbanização é proporcionado pela baixa remuneração da mão de obra no campo. Como os salários são mais elevados nas cidades, o crescimento populacional para as próximas décadas deverá ocorrer com crescimento da renda per capita. Segundo dados da Cepii (2010) com uma amostra de 128, sendo os países, agregados conforme *World Bank list of economies (July 2015)*, a renda per capita mundial (PIB/população) está projetada para crescer cerca de 2,18% ao ano no período de 2012 a 2050. Os países da Ásia e África apresentam os maiores crescimentos anuais. Os países do Sul da Ásia estão projetados para crescer a taxas anuais de 5,39%, enquanto que o

Leste da Ásia 3,69% e África 3,48%. Na Tabela 2 é apresentada a renda per capita entre 1980 a 2010 e as estimativas até 2050.

Tabela 2: Renda per capita (PIB/População) entre 1980 a 2010 e as projeções até 2050 (em dólar)

ano	AFR ⁵	EAS	ECS	LCN	MEA	NAC	SAS	BRA	MUN
1980	1.300	2.461	13.238	3.350	6.759	24.693	295	4.214	5.408
1990	1.209	3.429	15.858	3.143	5.082	30.553	399	3.996	6.120
2000	1.199	4.258	18.607	3.732	6.018	38.060	553	4.407	7.013
2010	1.437	5.657	20.948	4.163	7.141	40.708	907	5.379	7.861
2012	1.518	6.186	21.719	4.432	7.490	42.232	1.012	5.638	8.230
2024	2.155	10.121	27.179	5.997	9.733	50.463	1.951	7.720	10.772
2050	5.575	24.479	37.018	9.576	16.022	68.037	7.436	12.980	18.644

Fonte: Adaptado de Cepii (2010), tabela elaboração própria.

Dentre os grupos de países que se espera a maior população mundial para 2024 e 2050, também ocorrerá crescimento da renda. Dessa forma, há um crescimento de uma população urbanizada e de renda per capita. Além disso, esses resultados proporcionam mudanças no comportamento do consumo da população mundial, pois, conforme explicam Subramanian e Deaton (1996), o crescimento da renda per capita desempenha papel fundamental no consumo das famílias. Para os autores, o conhecimento convencional já declarou que a fome e a desnutrição seriam eliminadas pelo crescimento econômico. A demanda por calorias vai subir com a renda, com elasticidade maior que zero.

As mudanças na renda das populações mais pobres proporcionam mudanças no consumo de alimentos, maior do que em países já de renda per capita alta. Segundo Gao (2012), a disparidade nos padrões de consumo de alimentos em todos os continentes se deve às disparidades da renda per capita. Manyika et al., (2014) contribui com essas observações ao mostrar que a diferença na renda per capita entre os países é explicada principalmente pelas diferenças observadas na produtividade. Esta, por sua vez, é o resultado de fatores produtivos e operacionais, avanços tecnológicos e habilidades gerenciais.

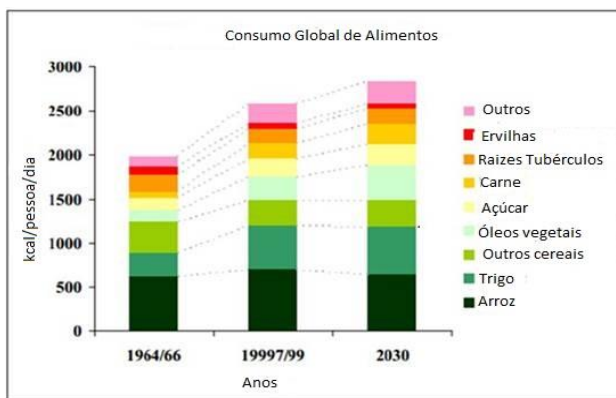
Nesse contexto, uma convergência de renda em longo prazo, entre os países, proposto pelos modelos de crescimento Solow (1956), Mankiw, Romer e Weill (1992) e Romer (1989), devem aumentar o

⁵ AFR-África, EAS-Leste Asiático e Pacífico, ECS-Europa e Ásia Central, LCN-América Latina e Caribe, MEA- Oriente Médio, NAC-América do Norte, SAS-Sul da Ásia, BRA-Brasil, MUN-Mundo.

consumo das famílias, proporcionado pelo crescimento da renda per capita. Por outro lado, Fonseca et al. (2004) não encontram evidências empíricas de convergência de renda. Tal fato reforça a afirmação de que a população mundial deve permanecer crescendo com *gap* na renda per capita. Assim, as mudanças no padrão de consumo das famílias devem ocorrer de forma mais intensa nos países emergentes com renda per capita crescente.

Segundo a FAO (2009), essas mudanças demográficas e geográficas que devem ocorrer nas próximas décadas deverão demandar produtos processados e proteínas para consumo humano. Este aspecto pode ser observado na Figura 1, que apresenta as mudanças no comportamento do consumo da população mundial de 1964 e as expectativas para 2030.

Figura 1 – Consumo de alimentos na dieta alimentar diária em kcal em 1964 e 1999 e as projeções para 2030 (em kcal/pessoa/dia)



Fonte: FAO (2009), tradução realizada pelo autor.

Ainda, conforme a FAO (2009), a demanda mundial de alimentos para 2050 está projetada pra crescer em cerca de 70% sobre os níveis atuais, chegando ao acréscimo de 1 bilhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de carne. O consumo médio mundial per capita de carnes deve subir de 41 kg ao ano em 2005 para 52 kg em 2050.

O crescimento do consumo de alimentos acompanha o crescimento das áreas urbanas. Neste contexto, a China é destaque internacional pelas mudanças e tendências no consumo de alimentos. Segundo Zhou et al. (2014), o mercado de alimentos processados está

crescendo rapidamente na China, especialmente nas áreas urbanas. Contudo, as mudanças no hábito alimentar não ocorreram repentinamente, uma vez que o consumo de alimentos na China vem crescendo de forma significativa desde 1980.

As mudanças nos padrões de consumo dos países asiáticos, em especial a China, influenciam significativamente no consumo mundial de alimentos. Segundo a ONU (2012), a população da China representa 19,6% da população mundial em 2010. Além disso, dados provenientes do DEAGRO (2014) revelam que o aumento do consumo em 1 kg per capita de carne bovina ao ano na China e na Índia demandaria um aumento das exportações mundiais na ordem de 34%. No caso do frango, essa elevação seria de 30% e 22% para suínos.

Para atender a essa demanda, a FAO (2009) explica que haveria necessidade de incremento de 80% na produtividade agrícola, além de ampliação das terras em 20% nos países em desenvolvimento. A instituição projeta que no período de 2005 a 2050 as terras aráveis no mundo devem expandir em 70 milhões de hectares (mais ou menos 5%), sendo que os países desenvolvidos reduzam em 50 milhões a área e os países em desenvolvimento expandam em 120 milhões de hectares. A América Latina concentraria a maior expansão de terras, seguida pela África Subsaariana. A expansão das terras agropecuárias, legalmente possíveis para a expansão da agropecuária, é apresentada na próxima seção.

2.3 Disponibilidade de novas terras agropecuárias no mundo e no Brasil

Lal (1990) informa que a área terrestre no mundo, adequada para a agricultura, incluindo pecuária, em uso e potencial, compreende cerca de 3 bilhões de hectares. Entretanto, a FAO (2013) constata que, atualmente, mais de 1,5 bilhões de hectares de terras são usadas para a produção agrícola no mundo.

A diferença das terras em uso em relação às terras potenciais constitui a área possível para expansão agrícola mundial. A FAO (2013) mostra que essas áreas estão concentradas em poucos países devido ao processo intenso de expansão agrícola observado em algumas regiões do mundo. O relatório *The World Resources Institute* (1990) constata que o crescimento da fronteira agropecuária levou a Ásia a cultivar quase 80% das terras aráveis potenciais. A FIESP (2014) complementa esta análise ao concluir que, nos EUA, a produção só pode crescer a partir de ganhos

restritos de produtividade ou da produção de determinada *commodity* em detrimento de outra. Essas constatações, dos limites das expansões de novas terras aráveis nos Estados Unidos, também são encontradas no trabalho de Pimentel et al. (1976). Além disso, em conformidade com a FAO (2013), para o Sul da Ásia, Ásia Ocidental e África do Norte não há reservas de terras agrícolas. Neste contexto, cerca de 90% das terras potenciais para expansão agropecuária estão na América Latina e África Subsaariana, com metade das áreas concentrada em apenas sete países - Brasil, República Democrática do Congo, Angola, Sudão, Argentina, Colômbia e Estado Plurinacional da Bolívia.

Com base nos dados da FIESP (2014) percebe-se que o Brasil é fundamental na produção de alimentos, uma vez que é uma das poucas regiões em que ainda é possível aumentar a área agrícola. Além disso, Abramovay (2010) constata que na África Subsaariana, onde também há terras disponíveis para o crescimento da área agropecuária, devem ocorrer grandes reduções da produção em virtude do aquecimento global. Portanto, a produção de alimentos do Brasil para as próximas décadas se torna ainda mais importante.

Na América Latina, o Brasil se apresenta como grande produtor mundial de alimentos, utilizando extensas áreas de terra para fins produtivos. Contudo, a demanda de novas terras no Brasil também enfrenta os desafios da conversação ambiental. A preocupação com as mudanças climáticas e o assoreamento dos rios levou ao desenvolvimento do Código Florestal Brasileiro (CFB) - Lei Federal 12.651/2012. Para EMBRAPA (2014), a demanda ambiental para a criação de novas Unidades de Conservação, inclusive Áreas de Preservação Permanente (APPs), abrangeria mais de 3 milhões de quilômetros quadrados. Para Daubermann et al. (2014), o crescimento das áreas de preservação ocorre pelo fato que o mundo vive o dilema do desenvolvimento sustentável, devendo considerar os efeitos do crescimento econômico sobre o meio ambiente, essa ponderação deve restringir a expansão de novas terras agrícolas nas próximas décadas.

As restrições da expansão da área agropecuária são estudadas pela Embrapa (2014), considerando quatro cenários possíveis. O estudo da Embrapa também é citado nos trabalhos de Miranda et al. (2008), Miranda et al. (2008b) e Victória et al. (2008). Segundo Miranda et al. (2008), para analisar o total de área disponível para uso agropecuário no Brasil é necessário quantificar as consequências associadas às diversas restrições de uso e exigências de preservação ambiental.

Na construção da análise da disponibilidade de terras agropecuárias, a Embrapa (2014) não incorporam alterações locais,

surgidas em 2009, tais como o zoneamento ecológico-econômico da BR 163, o Código Florestal de Santa Catarina como áreas de preservação. Por outro lado, são consideradas que as APPs são áreas acima de 1800m, declives entre 25 e 45 graus, declives acima de 45 graus e topos de morro. Para o cálculo da Reserva Legal, é considerada a porcentagem de reserva, variando de 80% no bioma Amazônia a 20% na Mata Atlântica. Segundo Miranda et al. (2008), a metodologia utilizada para descrever o alcance territorial da legislação ambiental e indigenista foi quantificada com base em dados do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e da Fundação Nacional do Índio (Funai). A pesquisa considerou todas as Unidades de Conservação (UCs) federais e estaduais criadas até junho de 2008.

No primeiro cenário, não são consideradas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no cômputo da Reserva Legal, assim teriam números negativos no Bioma Amazônia e no Pantanal. Sem computar esses números negativos, a área disponível para a agricultura mais intensiva seria de 2.455.350 km², ou cerca de 29% do território nacional.

Em um cenário posterior, a instituição considera as regras existentes atualmente para inclusão das APPs no cômputo da reserva legal em todo o país. Assim, a disponibilidade das áreas agrícolas cairia para 25,6% do território nacional. Para Victória (2008), as APPs em topo de morro no Brasil, calculadas a partir do MDE SRTM, com resolução espacial de 90 m, totalizam 398.910 km². Os estados de Santa Catarina, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e o Distrito Federal apresentaram a maior porcentagem de área de preservação em topo de morro, acima de 10%. O estado de Minas Gerais apresenta a maior área total (74.000 km²), seguido pelos estados do Pará (51.615 km²) e da Bahia (37.972 km²).

Além desses cenários, o estudo da Embrapa (2014) considera a aplicação da incorporação das APPs no cômputo dos 80% destinados à reserva legal apenas na Amazônia, a única situação em que é permitida legalmente, e 20% de Mata Atlântica nas outras regiões. Dessa forma, a disponibilidade total de terras para a agropecuária seria de 2.543.981 km² ou cerca de 30% do território nacional. Esse resultado é utilizado como referência para esta dissertação, uma vez que, este cenário considera as áreas legalmente disponíveis para a agropecuária cumprindo as exigências legais impostas no Código Florestal Brasileiro.

No último cenário, o estudo considera a aplicação da incorporação das APPs no cômputo dos 80% destinados à reserva legal

para todo o país, o que não está previsto no Código Florestal Brasileiro. Assim, a disponibilidade de terras para a agropecuária seria de 3.534.992 km², o que representaria 41% do território nacional. Esse acréscimo de cerca de 1.000.000 km² ocorreria fora da Amazônia já que lá a regra já é válida.

Após quantificar as áreas em potencial para a agropecuária no Brasil é necessário analisar qual o uso atual pela agropecuária brasileira. De acordo com Helfand et al. (2015), a área total dos estabelecimentos agropecuários no Brasil em 2006 foi de 333.680.037 hectares. Conforme o IBGE (2015), pelo censo agropecuário 2006, as áreas das lavouras corresponderam a cerca de 59.847 mil hectares, matas e florestas plantadas a 4.497 mil hectares e pastagens a 172.333 mil hectares. Totalizando uma área de cerca de 246.629 mil hectares, a diferença entre esse total e o total agropecuário é definida como outros usos, áreas improdutivas, benfeitorias, estradas, matas nativas, entre outros.

Ferreira Filho et al. (2012) esclarecem que a fronteira agrícola brasileira está localizada principalmente no Mato Grosso, Rondônia e Pará, os estados sobre o chamado “arco do desmatamento”. Para De Lima Filho et al. (2013) a produção agropecuária expandiu-se para uma região conhecida como Mapitoba. ‘MAPITOBA’ é o acrônimo referente às áreas de chapada dos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, de elevada aptidão agrícola e que, até recentemente, ainda se encontravam brutas, cobertas por Cerrado. Para os autores, essa região é a última fronteira agropecuária do Brasil.

Diante da limitação de terras disponíveis para a agricultura e pecuária no Brasil, Carvalho (2010), Oliveira (2010) e Brasil (2015) afirmam que a ampliação da produtividade se apresenta como o caminho alternativo para a ampliação da oferta. Segundo estudos da FAO de 2009 e 2013, foi exatamente o crescimento da produtividade que permitiu elevar a oferta acima da demanda mundial de alimentos no período pós-revolução tecnológica no campo. A Revolução Verde dos anos 1960 também marcou uma nova era para o crescimento da oferta via ampliação da produtividade.

Ainda, segundo Ferreira Filho et al. (2012), a necessidade de reduzir a expansão da agropecuária sobre as matas naturais faz necessário transformar a produção extensiva em intensiva e realocar as culturas. Para os autores, observa-se potencial de expansão na margem intensiva em estados como São Paulo e Santa Catarina (com o Rio Grande do Sul). Por outro lado, o Paraná, tem a menor percentagem de culturas (culturas em mais pasto), sugerindo que para este estado as

possibilidades de expansão agrícola na margem intensiva são mais restritas.

As limitações físicas das áreas agropecuárias frente à necessidade de expansão torna necessário o crescimento da produtividade para que ocorra a expansão da oferta. Na próxima seção são apresentadas as tecnologias e técnicas existentes que podem proporcionar o crescimento da produtividade agropecuária, reduzindo a pressão sobre novas terras.

2.4 Possibilidades de aumento da produtividade agropecuária no Brasil

Segundo a FAO (2013), a área terrestre tem sido capaz de atender à demanda crescente por alimentos. Isso tem sido possível por meio de ganhos de produtividade resultantes do aumento do uso de insumos, tecnologia e irrigação. A produção agrícola mundial cresceu, em média, nos últimos 50 anos, entre 2% e 4% ao ano⁶, enquanto que a área cultivada cresceu apenas 1% ao ano.

Goodman e Redclift (1991) sugerem que o crescimento acelerado da produtividade agropecuária só foi possível através das tecnologias difundidas a partir da comprovação empírica no final do século XIX de que a produtividade das plantas era diretamente proporcional à quantidade de insumos químicos colocados no solo. Assim, desenvolveu-se uma indústria de fertilizantes sintéticos (potássio, nitrogênio e fósforo) que substituíram o uso de fertilizantes naturais (húmus e esterco). Essas e outras inovações proporcionaram mais de 10 mil anos para a produção de grãos chegarem a 1 bilhão de toneladas, em 1960, e apenas 40 anos para chegar a 2 bilhões de toneladas, em 2000 (Khush, 2001).

No Brasil, segundo Vicente et al. (2001), o crescimento da produção agropecuária foi possível através do processo de modernização, que ocorreu durante as décadas de 70 e 80. Essas conclusões também são verificadas em Gasques (2008) e Miranda et al. (2002). Em consonância com a visão tida por Miranda et al. (2002), foram os programas de investimento, como o PROSOLO – Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos do SOLO (Resolução 2534/98); PROLEITE – Programa de Incentivo a Mecanização, ao Resfriamento e ao Transporte Granelizado da Produção de Leite (Resolução 2618/99) e

⁶ A amplitude do crescimento é em virtude da heterogeneidade dos solos e do clima

o MODERFROTA – Programa de Modernização da Frota de Máquinas Agrícolas (Resolução 2699/2000) que possibilitaram o crescimento da produtividade. Além disso, também foram tomadas medidas na área tributária, como a desgravação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) nas exportações dos produtos básicos (13%) e semielaborados (6,1%).

Além das medidas de incentivos à produção, o país vem tomando iniciativas para redução do custo Brasil. Segundo Miranda (2002), na área financeira a pré-fixação da taxa de juros nas operações de custeio agrícola colocou fim ao uso da TR como indexador do crédito rural.

Quanto ao desenvolvimento da ciência no campo, Araújo (2015) destaca que o processo de adaptação da ciência às necessidades da agricultura é visto como uma mudança espontânea e descontínua na estrutura produtiva existente, fato este preconizado pela teoria dos ciclos de Schumpeter (1982). O desenvolvimento, no sentido proposto por Schumpeter, é definido como a realização de novas combinações, que são as inovações.

Segundo Albergoni e Pelaez (2007), a introdução de um conjunto de inovação radical e incremental tem efeito em toda a economia de forma direta ou indireta e constitui uma mudança de paradigma tecnológico ou revolução técnica. Albergoni e Pelaez (2007) argumentam que um novo paradigma surge em um ambiente ainda dominado pelo paradigma anterior e, para consolidar-se, precisa satisfazer a três condições: i) redução de custos; ii) crescimento rápido da oferta, explicitando a inexistência de barreiras no longo prazo aos investidores; e iii) apresentar claramente um potencial para uso ou incorporação em vários processos e produtos dentro do sistema econômico.

Como destacado por Schumpeter (1982), as inovações não são previsíveis, ou seja, o aumento da produtividade por novas tecnologias não pode ser mensurados. O que pode ser analisado é o impacto de tecnologias já existentes, mas que ainda não foram incorporadas nos processos de produção em grande escala, ou seja, ainda constituem tecnologias não difundidas, mas que apresentam potencial para crescimento rápido da oferta se incorporadas ao processo produtivo.

Dentre as tecnologias comentadas acima, Lal (2004) observa a existência de potencial para o aumento da produtividade agrícola por meio da restauração de solos degradados e moderadamente degradados. Segundo o autor, a capacidade de sumidouro de carbono dos solos agrícolas degradados no mundo é de 50% a 66% da perda histórica de carbono de 42 a 78 giga toneladas de carbono. Além disso, a estratégia

de sequestro de carbono pelos solos é realizável em curto período de 20 a 50 anos e o impacto na produtividade é notável. O aumento de uma tonelada de carbono no solo em áreas degradadas pode aumentar o rendimento das culturas entre 20 a 40 quilogramas por hectare (kg / ha) para o trigo, de 10 a 20 kg / ha para o milho, e de 0,5 a 1 kg / ha para feijão. Ainda, de acordo com o autor, a implantação desta estratégia inclui a restauração do solo e regeneração das florestas, plantio direto, nutriente, adubação, a melhoria das pastagens, conservação da água e colheita, irrigação eficiente, práticas agroflorestais, e crescente reposição de energia em terras de reposição.

Outra tecnologia, ainda em estudo, é o plantio cruzado. Segundo Procópio et al. (2013), esta inovação é utilizada no plantio da soja, mas não altera a produtividade da mesma, pois o aumento da densidade de semeadura provoca menor acúmulo de fitomassa e menor produção de grãos de soja por planta, fato compensado pela maior quantidade de plantas, o que não afeta a produtividade de grãos no cultivar BRS 359 RR. Babolim et al. (2013) também encontram essas mesmas conclusões em cultivares de soja BRS 295 RR e Rio et al (2013) encontram nos cultivares de BRS 359 RR e BRS 294 RR. A produção das culturas é alterada conforme as especificações de plantio, quantidade de sementes e espaçamento entre fileiras, a única vantagem do plantio cruzado seria o maior acúmulo de fitomassa.

Além do sequestro de carbono e de formas de plantio alternativas, a irrigação e a drenagem são importantes tecnologias para ampliação da produção. Lima et al. (1999) observam que a área irrigada no Brasil vem crescendo de forma significativa. A tecnologia de irrigação pode viabilizar a produção agrícola em áreas de semiárido, porém, segundo Suassuna (2014), as áreas efetivamente irrigáveis no Nordeste Semiárido, inseridas no polígono das secas, são de cerca de 2,2 milhões de hectares, não sendo prudente esperar que este potencial supere 2,5 milhões de hectares.

Além desses estudos, é importante destacar as tecnologias de cultivares geneticamente modificadas, que proporcionam a possibilidade de produção sem uso de pesticidas. Conforme Albergoni e Pelaez (2007), a engenharia genética passou a ser adotada como instrumento voltado ao desenvolvimento de novas variedades que dispensassem o uso de pesticidas e fertilizantes. O resultado foi à redução do impacto sobre o meio ambiente, proporcionando, ao mesmo tempo, aumentos de produtividade. Ainda, segundo o estudo, a possibilidade de exploração comercial da biotecnologia, baseada na utilização da engenharia genética, parece ter surgido como oportunidade para superação dos

limites ao crescimento da produtividade por meio do desenvolvimento de organismos geneticamente modificados com maior resistência a determinados agrotóxicos e/ou que substituem o seu uso.

Além da transgenia, Albergoni e Pelaez (2007) destacam que a biotecnologia moderna tem se caracterizado pelo desenvolvimento nas áreas da genômica e da proteômica, e por meio destas se busca conhecer a complexidade do conjunto dos genes de um organismo e como estes se expressam e interagem a partir de redes funcionais que se estabelecem entre as proteínas, o que deve possibilitar um novo passo para o crescimento da produtividade agropecuária. Ressaltam-se, neste caso, os ganhos de produtividade e à resistência a doenças por vírus nas culturas geneticamente modificadas (FREIRE FILHO ET AL., 2011). Além disso, Fageria et al. (2010) comentam sobre a possibilidade de cultivo de culturas em solos com alta salinidade.

Outros importantes estudos sobre a produtividade foram os realizados por Calegari et al. (1993), Amado et al. (2001) e Mielniczuk et al., (2003), que mostram que a produtividade agropecuária pode aumentar com o uso de plantas de cobertura. De forma geral, o uso de culturas de coberturas proporciona a produção de biomassa, o que desempenha importante papel para a qualidade do solo, além de melhorar a diversidade biológica, como destacam Silva et al. (2013). Além da cobertura dos solos, também são empregados o plantio direto e a variação de culturas para melhorar a qualidade dos solos.

O uso da agricultura de precisão também surge para propiciar o aumento da produtividade agropecuária. Em 2012, o MAPA, ao instituir a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), definiu a Agricultura de Precisão como “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa o aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2012, p. 6). Na literatura, os trabalhos de Shiratsuchi (2001), Tschiedel et al. (2002), Molin (2003), Murakami (2006) e Stabile et al. (2006) abordam o tema da Agricultura de Precisão. De forma geral, os autores ressaltam que a Agricultura de Precisão auxilia no gerenciamento da produção aumentando os retornos econômicos, ao elencar o uso de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento-chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos.

Para Murakami (2006), a Agricultura de Precisão tem como alicerce um conjunto de recursos que permitem fazer, em áreas extensas, o que os pequenos agricultores sempre fizeram, isto é, o tratamento das

diferenças existentes dentro de um talhão, agregando o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias. A ideia fundamental é possibilitar que o agricultor possa identificar as áreas de alta e baixa produtividade dos talhões e possa administrar essas diferenças com os mesmos critérios agrônômicos já dominados, porém com maior grau de detalhamento.

O crescimento da lotação da pecuária também desempenha papel fundamental no crescimento da produção agrícola. Songinju (2013) explica que o desenvolvimento do capitalismo na produção pecuária vem se tornando similar aos métodos industriais. Segundo o autor, antes a pecuária produzia gado e os seus produtos na parte traseira da cadeia das indústrias conexas que a representa. Porém, para se tornar intensiva na produção de gado, as fazendas vêm adotando os métodos derivados da produção industrial, caso este da indústria pecuária da Coreia. Algumas fazendas passaram a trabalhar em tempo integral a partir de 1980, e em 1990 esta forma de produção se estabeleceu como a forma dominante dos criadores de gado nas áreas rurais. Para apoiar a industrialização da pecuária, ocorreu a formação e desenvolvimento do complexo da pecuária, envolvendo a produção de grãos.

Outra importante transformação que vem ocorrendo na pecuária é a integração entre lavouras, pastagens e matas. A respeito desta temática, Xavier et al. (2003) comentam que um dos efeitos benéficos esperados da associação de pastagens com árvores é o melhoramento da fertilidade do solo. O enriquecimento do solo nas áreas é influenciado pelas árvores, ocorrendo principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo-pastagem, por meio da biomassa das árvores. Além disso, as árvores podem aproveitar os nutrientes das camadas mais profundas do solo e, por causa de um processo de reciclagem, tornam esses nutrientes disponíveis às forrageiras. Esses efeitos são maiores quando as árvores possuem sistema radicular profundo e no caso de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar o nitrogênio do ar atmosférico.

Na visão de Nascimento et al. (2011), a integração de pastagens com produção de grãos, conhecida como sistema de integração lavoura pecuária (ILP), tem proporcionado o aumento das produtividades do rebanho gaúcho e também muitos benefícios na produção agrícola. Por meio de uma revisão bibliográfica, os autores apresentam aspectos relativos a essa prática, bem como seus benefícios, problemas, dificuldades e alternativas. Os autores concluem que o sistema de integração lavoura pecuária, aliado ao sistema de plantio direto, atende

aos quesitos de sustentabilidade e diminuição dos custos de produção das atividades.

Fontaneli et al. (2000) complementam o trabalho de Nascimento et al. (2011), analisando durante seis anos (1990 a 1995) quatro sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno. Os sistemas foram constituídos por: sistema I (trigo/soja, aveia-preta pastejada/soja e aveia-preta pastejada/soja); sistema II (trigo/soja e aveia-preta + ervilhaca pastejadas/milho); sistema III (trigo/soja, aveia-preta + ervilhaca pastejadas/soja e aveia-preta + ervilhaca pastejadas/milho); e sistema IV (trigo/soja, aveia-branca/soja e aveia-branca/soja). Fontaneli e colegas concluem que a integração lavoura pecuária sob sistema de cultivo plantio direto foi viável tanto para as culturas de inverno e de verão como para a engorda de bovinos no inverno.

Dieckowiv (2009) destaca que a ILP pode proporcionar algumas vantagens para o produtor, tais como maior renda por área, maior diversificação de atividades, menor risco econômico e menor custo de produção. Outrossim, a ILP pode proporcionar vantagens biológicas, como maior biodiversidade e melhoria da qualidade do solo. Dentre as desvantagens do sistema é possível relacionar a possibilidade de ocorrência de compactação superficial do solo, em situação de manejo inadequado da pastagem. Para que o sistema ILP tenha êxito, alguns fundamentos devem ser atendidos, como uso de rotação de culturas, do sistema plantio direto e de genótipos de animais e vegetais melhorados, correção da acidez e fertilidade do solo e, principalmente, manejo adequado da pastagem.

Outra importante transformação que vem ocorrendo na pecuária é o melhoramento das pastagens e a adubação. Segundo Gatiboni et al. (2000), as pastagens naturais, possuem baixa produtividade e sazonalidade de produção. Fontaneli et al. (1991) argumentam que a introdução de espécies temperadas melhoram a distribuição da produção anual de forragem. O teor e a disponibilidade de proteína bruta das espécies introduzidas superaram as espécies nativas. A cobertura vegetal do solo foi pouco afetada pela introdução das forrageiras e diminuiu de 21%, em média, na primeira avaliação, para menos de 3% após a segunda avaliação. Do Valle et al.(2015) complementam tal análise ressaltando que a criação de animais em pasto promoveu um diferencial qualitativo para a carne brasileira e colocou o País como maior exportador desse produto no mundo. Para Gatiboni et al. (2000), o uso de insumos agrícolas proporciona o desenvolvimento das pastagens. A adubação fosfatada aumenta significativamente a produtividade de

matéria seca da pastagem, sendo os fosfatos solúveis o insumo que proporcionam maiores produções.

Outro importante estudo da produtividade agrícola brasileira é o realizado por Helfand et al. (2015), que decompõe a Produtividade Total dos Fatores (PTF). Os autores usam dados extraídos do censo agropecuário de 1985, 1995/96, e 2006, agregados em nível municipal com cinco classes de tamanho de fazendas e observam a existência de pesadas perdas de eficiência técnica em todos os tamanhos de fazendas, criando perdas significativas no crescimento da Produtividade Total dos Fatores. As fazendas médias alcançam o mais lento crescimento de mudança técnica na PTF, enquanto que o crescimento é mais rápido nas classes de menor e maior porte de fazendas. Essas conclusões apontam que o crescimento da eficiência técnica nas fazendas é fundamental para o crescimento da produtividade agrícola. Ainda, conforme comentam os autores, a produtividade agropecuária brasileira cresceu nas últimas décadas, proporcionada por investimentos em capital.

Conceição e Araújo (1998) decompõem os ganhos de produtividade da agricultura brasileira em progresso técnico, economia de escala e utilização da capacidade produtiva. As estimações realizadas pelos autores mostraram que, no período 1955-1975, a produtividade da agricultura brasileira cresceu, em sua grande maioria, por meio da obtenção de ganhos de escala. Apenas no período 1975-1994 os ganhos de produtividade obtidos com mudanças técnicas passaram a ser significativos. O aumento da produtividade, com ganhos de eficiência técnica, coincide com a consolidação e fortalecimento dos elos existentes entre o setor agrícola e o setor industrial. Por outro lado, a utilização da capacidade de produção apresenta participação declinante no período analisado.

Vicente (2004) utiliza o índice de produtividade de Malmquist para decompor a PTF em dois componentes distintos: mudanças técnicas e mudanças de eficiência. Os resultados obtidos indicam que, por um lado, o progresso tecnológico foi o fator que mais contribuiu para a obtenção de ganhos de produtividade nas regiões de agricultura mais avançadas no Brasil no período de 1970-95. Por outro lado, o aumento de eficiência foi o fator que mais contribuiu para a obtenção de ganhos de produtividade em regiões de agricultura de baixa tecnologia.

Gasques et al. (2008) utilizam o índice de Tornqvist para acompanhar a evolução da PTF ao longo do tempo. Os resultados indicam que o crescimento da agricultura é explicado pelo aumento da produtividade e pela expansão no uso de insumos. De 1975 a 2005 – o índice de produto cresceu 208% (mão-de-obra, terra e capital). O índice

de insumos passou de 100, em 1975, para 155 no ano de 2005, tendo crescido, portanto, 55%. Por sua vez, o índice de produtividade total cresceu 99% no período estudado. Nesse período, o crescimento de 2,51% da PTF resultou de um crescimento de 3,5% do produto, e de 0,96% dos insumos.

Embora a difusão das tecnologias seja apontada pela literatura como propícias ao crescimento da produtividade agropecuária, é necessário investimento na área para que possam ser efetuadas e implementadas as mudanças necessárias. Os estabelecimentos agropecuários brasileiros, em especial os de menor porte, sofrem com baixa remuneração, o que dificulta o acúmulo de capital e melhoramento das técnicas de produção, questão já destacada por Bresser-Pereira (1964). Diante desses problemas enfrentados pela agricultura brasileira, segundo Guanziroli (2007), em 1995 foi criado o PRONAF (Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar). O programa beneficiaria os produtores familiares, descapitalizados e com baixa produtividade, que não estariam em condições de tomar recursos a taxas de mercado para realizar investimentos em modernização e elevação da produtividade.

Kageyama et al. (2003) relatam que a política do PRONAF não esteve associada com maior renda familiar, mas apresentou forte correlação com as variáveis tecnológicas e com a produtividade agrícola. Os autores também encontram associação positiva entre a presença do PRONAF e o aumento de erosão e aumento da frequência no uso de agrotóxicos; não houve associação significativa entre o PRONAF e ações de recuperação de áreas degradadas.

Outro importante fato que vem ocorrendo é a redução dos gastos em pesquisa que possuem relação direta com a produtividade. As reduções dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) reduzem o potencial de descobertas de novas tecnologias que seriam propícias ao crescimento da produtividade, mediante o cenário futuro de mudanças climáticas, fato este já destacado anteriormente nos trabalhos de Diniz (2008) e Abramovay (2010).

Além dos trabalhos citados até o momento nesta seção, nos trabalhos de Moraes (2010) e Ferreira Filho et al. (2015) analisam o impacto do aquecimento global na produtividade das culturas brasileiras. Moraes (2010) avalia o impacto econômico de cenários de mudanças climáticas para oito culturas, feijão, milho, soja, algodão, arroz, cana de açúcar, mandioca e café, avaliados por um modelo de equilíbrio geral computável e cenários disponibilizados pela Embrapa. O primeiro cenário é realizado para 2020, desconsiderando mudanças sociais e econômicas, levando em conta a alteração em até +2°C da

temperatura média no território brasileiro e a intensificação das chuvas. No outro cenário, para 2070, são consideradas adaptações sociais e econômicas na região Nordeste e nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e aumento das temperaturas médias entre 3°C e 4°C.

Os resultados do primeiro modelo indicam possível perda de atividade econômica concentrada nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. O Sudeste é a única grande região do Brasil a observar crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) real. O resultado líquido para o Brasil demonstra uma queda de 0,28% do PIB real. As perdas na produtividade da soja nos estados de fronteira agrícola Tocantins, Maranhão, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul foram significativas para 2020. Contudo, a região de São Paulo deve ser beneficiada com esse cenário, notavelmente pela relevância da atividade econômica cana-de-açúcar que deve ser beneficiada com as mudanças climáticas. Os efeitos estaduais são mais expressivos no Mato Grosso a queda seria de 11,2% do PIB e Piauí com queda de 16,39%. Com variações próximas a 10% e, portanto significativas, os estados da Paraíba, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará permanecem expostos à mudança climática.

Para o cenário de 2070, o autor observa a possibilidade de avanço da cana de açúcar na Região Sul, notavelmente Santa Catarina e Rio Grande do Sul e avanço na absorção de mão de obra pelo setor. A queda no PIB é contabilizada em 1,09%. Esses resultados também são apresentados no estudo feito por Ferreira Filho et al. (2015).

Segundo Gregory et al. (2005), a mudança climática pode afetar os sistemas alimentares de várias formas, as quais vão desde efeitos diretos sobre a produção de culturas (por exemplo, mudanças no regime de chuvas que levam a secas ou inundações, ou temperaturas mais quentes ou mais frias que conduzem a mudanças no comprimento da estação de crescimento), a mudanças nos mercados, os preços dos alimentos e infraestrutura da cadeia de abastecimento.

3 MÉTODOLOGIA

Este capítulo apresenta o método e o material utilizado para estimar as necessidades de novas terras agropecuárias e analisar ajustes de produtividade. Para isto, na seção 3.1 é exposto o modelo empregado nesse trabalho. Na seção 3.2 são abordadas as fontes dos dados utilizados.

3.1 Método

Para a análise dos impactos da demanda mundial de alimentos no período de 2012 a 2024 sobre a produção e áreas de terras no Brasil foi utilizado o instrumental de insumos-produto, o qual permitiu relacionar as novas demanda de produtos processados e não processados com a produção agropecuária e suas respectivas áreas de terra. O modelo de insumo-produto é um instrumento que permite a análise de impactos de variações na demanda sobre a produção e diversas outras variáveis relacionadas. Nele a economia funciona como uma vasta rede tentando equacionar oferta e demanda. O modelo está embasado teoricamente nos textos de Miller e Blair (2010) e Bulmer-Thomas (1982).

Embora o modelo seja adequado para a análise de impactos, o modelo adotado tem como limitação coeficientes fixos, o que não capita as mudanças na estrutura produtiva da economia ao decorrer dos anos.

Primeiramente para a estimação do modelo são utilizadas as matrizes das Contas Nacionais para o ano de 2011, disponibilizadas pelo (IBGE, 2015a), após isso as demandas finais são estimadas para 2012, através do crescimento anual entre 2010 a 2011. Em seguida é realizada a transformação da matriz na tecnologia produto x produto, conforme sugerido em Miller e Blair (2010). Após a transformação de tecnologia é realizado o processo de balanceamento das matrizes, conforme sugerido por Lahr et al. (2004).

A partir disso, o modelo de insumo produto pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i = x_i \quad \forall i = 1,2,3, \dots, n, \quad (1)$$

onde a_{ij} denota o coeficiente técnico de uso de insumos do setor i que é necessário para a produção de uma unidade de produto final do setor j , x_j é o produto da setor j , y_i é a demanda final por produtos do setor i e x_i é o total do produto i . A equação representa o produto total sendo a

soma das demandas do consumo intermediário e final. Pode-se representar essa igualdade no formato matricial, como segue:

$$Ax + y = x. \quad (2)$$

Rearranjando os termos, tem-se o modelo analítico de insumo-produto:

$$x(I - A) = y \text{ ou } x = (I - A)^{-1}y, \quad (3)$$

onde A é a matriz de coeficientes diretos de insumo, x é o vetor de produto e y o vetor de demanda final. Segundo Miller e Blair (1985), para um dado nível de demanda final, o produto necessário pode ser encontrado pré-multiplicando Y pela inversa da matriz $(I-A)$.

O impacto total sobre a produção de uma variação na demanda final é resultado de um ciclo de ajuste produtivo nos diversos setores econômicos. A variação na demanda final leva a uma variação na produção do próprio setor. Para gerar essa produção adicional é necessário um conjunto de insumos de diversos outros setores. A variação na produção setorial do conjunto de fases pode ser representada por $(I - A)^{-1}$, que é a matriz inversa de Leontief.

Sendo a matriz de coeficientes técnicos (A);

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

O modelo assume que existem equilíbrios em todos os mercados da economia. Caso ocorra uma variação na demanda por um produto específico, esse setor precisará de mais insumos e fatores primários. O processo gera um efeito multiplicador na economia, ampliando as demandas e a produção.

Pode-se ainda representar a relação entre os vetores de demanda e de produção em variação:

$$\Delta Area = \Delta X = (I - A)^{-1}\Delta Y. \quad (5)$$

O impacto total de uma variação na demanda final sobre a produção é resultado de um ciclo de ajuste produtivo nos diversos setores econômicos. Tomando como base os coeficientes fixos entre produto e área de terra, num primeiro momento, têm-se variações de área de terra iguais às variações da produção. Isso reflete a hipótese de produtividade constante.

Foram também avaliadas as possibilidades de mudança nas produtividades dos produtos agropecuárias e o grau de ajustes necessário para o atendimento das novas demandas. Para tanto, foram utilizadas as projeções de área total disponível para a produção agropecuária.

A matriz insumo-produto do Brasil tem como base o ano de 2011, último ano em que as matrizes das Contas Nacionais estavam disponíveis no momento. Tendo como base as Tabelas de Recursos e Usos das Contas Nacionais do Brasil, divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015a), a matriz de insumo-produto a preço básico foi construída, com base nos procedimentos apresentados em Guilhoto e Sesso-Filho (2010).

3.2 Material

Para a implementação do modelo, foram inicialmente avaliados possíveis crescimento na demanda por alimentos no Brasil e nas exportações entre 2012 a 2024. Esses números resultam de diversas estimativas divulgadas pela FIESP (2014) e pelo MAPA (2014).

As variações da demanda dos produtos ovos, algodão, café, etanol e suco de laranja correspondem às projeções da FIESP (2014); os dados do consumo de carne bovina, carne de frango, carne suína, leite, açúcar, arroz, celulose, feijão, milho, óleo de soja, soja, trigo, papel e fumo correspondem às projeções do MAPA (2014). Os produtos agropecuários que não estão inclusos na gama de alimentos, foram considerados por usar áreas agropecuárias e pelo fato que o crescimento desse setor, reduz a área destinada para produtos alimentícios.

As estimativas de produtividade para 2024, que são utilizadas no cenário com ajustes de produtividade citada na literatura, são baseadas nas projeções da FIESP (2014) para os produtos trigo, milho, cana-de-açúcar, laranja e café e as projeções do MAPA (2014) para os produtos arroz e soja. Para a mandioca, banana e fumo são utilizados as projeções do MAPA (2012). Outros produtos da lavoura e silvicultura foram mantidos as produtividades de 2012 e para o algodão é projetado pela taxa de crescimento de 2006 a 2012. A produtividade da pecuária em 2024 é obtida através da lotação proposta por Carvalho et al. (2010).

A disponibilidade da área legal para uso agropecuário é definido como sendo o cenário três da EMBRAPA (2014), que correspondem a 2.543.981 km² ou cerca de 30% do território nacional.

Os dados de uso da terra e da produção das culturas da lavoura temporária e permanente em 2012 são extraídos da Produção Agrícola Municipal (PAM), disponibilizado pelos pelo IBGE (2015c). Já os dados

da silvicultura são utilizados a soma da produção de lenha e tora do IBGE (2015b) e as áreas plantadas no Anuário da Silvicultura em 2012, conforme Santos et al. (2012). Quanto a pecuária, os dados de área em 2012 correspondem ao Anuário da Pecuária 2013 de Heloísa et al. (2013) e para o número do rebanho é utilizado o rebanho efetivo de bovinos disponibilizado pela Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (2015f). A produtividade é a razão entre produção por área plantada e na pecuária se exprime como sendo a razão entre o rebanho efetivo pela soma das áreas de pastagens naturais e plantadas.

Os dados utilizados para analisar a evolução histórica da produção e área utilizada dos produtos da lavoura, silvicultura e pecuária entre 1970 a 2006 referem-se aos Censos Agropecuários 1970/2006, disponibilizado pelo IBGE (2015). A área da pecuária corresponde à soma da área de pastagens naturais e plantadas e da silvicultura correspondem à área de matas plantas.

Para a produtividade da Silvicultura no ano de 1996 são utilizadas a soma da produção de lenha e tora da pesquisa de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura e área de florestas plantadas disponibilizada pelo IBGE (2015b).

Os dados do número de estabelecimentos que usam fertilizantes agrícolas, utilizado para analisar as possíveis políticas que podem proporcionar o aumento da produtividade foram obtidos através da razão dos estabelecimentos que usam insumos disponibilizados pelo IBGE (2015), censo agropecuário 2006, e o total de estabelecimentos agropecuários brasileiros no ano de 2006, também disponibilizado pelo IBGE (2015), censo agropecuário 2006. Para o percentual das lavouras irrigadas foi utilizada a razão da área irrigada pelo total das áreas de lavouras, números que foram também disponibilizados pelo IBGE (2015), censo agropecuário 2006.

4 CRESCIMENTO DA DEMANDA MUNDIAL POR ALIMENTOS E A DISPONIBILIDADE DE NOVAS ÁREAS DE TERRA PARA FINS AGROPECUÁRIOS NO BRASIL

Este capítulo apresenta os resultados do modelo encontrados para o uso das terras agropecuárias para 2024 e os principais desafios do crescimento da produtividade agropecuária na próxima década. Para isto, a seção 4.1 apresenta o uso das terras agropecuárias com produtividade constante. A seção 4.2 apresenta os resultados do modelo com ajustes de produtividade e na seção 4.3, por fim, são apresentados os principais desafios para aumentar a produtividade para a próxima década.

4.1 Realocação produtiva com produtividade constante

Para analisar como as futuras demandas mundiais de alimentos por produtos brasileiros devem pressionar o uso da terra no Brasil, inicialmente são apresentados, na Tabela 3, os níveis de demanda por exportações e demanda doméstica no ano de 2012, as respectivas taxas de crescimento projetadas entre 2012 e 2024, assim como a variação percentual de produção que seria necessária para atender às novas demandas. Para essa avaliação inicial, a produtividade foi mantida constante, de forma que se possa compreender um possível crescimento da demanda por novas áreas de terras nesse período. Na sequência, ajustes de produtividade serão avaliados. Os produtos da silvicultura e fumo, também foram analisados por utilizarem áreas agropecuárias, o crescimento desse setor reduziria a área disponível para a produção de alimentos.

Com relação aos produtos da pecuária, as mudanças na estrutura demográfica mundial devem elevar a participação das proteínas⁷ na dieta alimentar, proporcionando o crescimento da demanda por carnes (FAO, 2009). Para a carne bovina, as projeções de crescimento das exportações são de cerca de 39,7% e o consumo doméstico em torno de 15,6% entre 2012 e 2024, o que deve resultar em uma expansão de 12,6% no volume produzido no período. Os resultados do volume são inferiores as variações na demanda final, porque as variações são aplicadas somente na demanda final, onde a base é menor do que o montante dos produtos da economia que também incluem os insumos intermediários.

⁷ “O consumo de carne per capita, passaria de 41 kg, em 2009, para 52 kg em 2050 (de 30 para 44 kg nos países em desenvolvimento)” (FAO, 2009, p.11).

Tabela 3: Crescimento da demanda por produtos agropecuários brasileiros entre 2012 e 2024

Produtos	Exportações em 2012*	Var. Expor. 2012-24 (%)	Com. Famílias 2012*	Var. Dem. dom. 2012-24 (%)	Var. da Produção (%)
Arroz e trigo	3.128	-	276	-	1,34
Milho	4.153	60,47	4.389	-	4,10
Algodão	4.657	138,61	8	-	18,66
Cana-de-açúcar	-	-	1.437	-	5,07
Soja	31.173	44,04	50	-	2,64
Outros produtos (L.T)	521	-	20.606	-	1,02
Laranja	20	-	1.194	-	2,42
Café em grão	18.285	- 4,39	460	-	-0,31
Outros produtos (L.P)	609	-	8.407	-	0,70
Bovinocultura	627	-	576	-	4,80
Leite de vaca	-	-	6.302	27,29	8,68
Suínos	42	-	166	-	5,17
Aves e ovos	261	29,16	4.470	34,80	8,21
Produtos da silvicultura	470	-	4.774	-	0,44
Carne de bovinos	8.817	39,70	44.052	15,61	12,61
Carne suína	1.687	46,82	4.057	29,12	15,33
Carne de aves	12.615	44,53	14.516	33,05	19,43
Leite resfriado	-	34,06	918	27,29	10,05
Açúcar	20.316	42,89	5.529	24,19	16,53
Conservas e sucos de frutas	4.216	16,91	21.690	47,22	21,40
Óleos vegetais	12.959	18,34	6.690	23,13	7,01
Café beneficiado	912	-4,39	6.068	24,92	9,13
Produtos do arroz	1.770	-	5.645	1,96	1,50
Produtos trigo	196	-	9.967	17,44	1,38
Fumo	3.163	22,54	3.946	22,54	23,63
Celulose	6.690	39,42	-	18,16	5,56
Papel	2.391	20,39	4.982	24,49	0,60
Etanol	2.648	1,80	233	78,58	3,10

Fonte: MAPA (2014), FIESP (2014), IBGE (2015a) e resultados do modelo.

Tabela elaboração própria.

*valores correntes em R\$ milhões.

A demanda projetada para carnes suína e de aves também apresenta taxas elevadas de expansão devido ao aumento das exportações e do consumo doméstico, com crescimento de 15,3% e 19,4%, respectivamente. A abertura de novos mercados, juntamente com a persistência de problemas sanitários em outros países tende a impulsionar a demanda mundial pelas carnes brasileiras. Embora a produção desses animais seja intensiva e concentrada em pequenas áreas de terra, o crescimento da produção deverá elevar a demanda de grãos para a alimentação animal.

O milho e a soja são os principais insumos na produção de rações. Para o milho, os números apresentados na Tabela 3 indicam crescimento de 4,1% do volume entre 2012 e 2024, variação impulsionada também pela demanda externa. Para ambos os produtos a previsão é de contínuo crescimento das exportações, sendo de 60,5% e 44,0% no período, respectivamente. Para atender às demandas estimadas, o volume de soja produzido no Brasil precisa crescer cerca de 2,6%, o que exigiria uma grande expansão de área, considerando a produtividade constante.

A demanda doméstica para 2012 de arroz e trigo apresenta número negativo, conforme Tabela 3. Segundo IBGE (2015a) esse resultado sugere que a demanda doméstica de arroz e trigo bruto é negativo.

A cana-de-açúcar e o algodão também são atualmente grandes usuários de áreas de terra no Brasil e as estimativas também são de grande crescimento no período analisado. Estima-se expansão de 42,3% das exportações e 24,2% do consumo doméstico de açúcar, assim como 1,8% e 78,6% para as demandas de etanol, respectivamente. Consequentemente deve haver elevação na demanda por cana-de-açúcar em cerca de 5,1%. Já para o algodão, o crescimento de suas exportações acima de 100% e do setor têxtil nacional explica a expansão de 18,7% da produção nacional entre 2012 e 2024. Os óleos vegetais representam uma alternativa aos derivados de petróleo, o que deve contribuir para elevar a demanda por oleaginosas e cana-de-açúcar, conforme aponta Ferrari (2005).

No segmento de Exploração Florestal, mesmo diante da tendência de queda dos preços e aumento da oferta mundial do produto de celulose, os planos de investimento no setor continuam para os próximos anos no Brasil (FIESP, 2014). Estima-se uma expansão de 0,44% na produção, resultado em grande parte de um aumento estimado de 5,56% na demanda final de celulose, respectivamente. Segundo o MAPA (2014), o crescimento estimado das exportações de celulose entre 2012 a 2024 é de 39,42%. Essas atividades utilizaram grandes áreas de terra no Brasil e a tendência é que a produção continue aumentando.

O crescimento da produção brasileira de alimentos deve elevar a demanda por terras para fins agropecuários nos próximos anos. Na Tabela 4 são visualizadas as áreas utilizadas pelas principais atividades agropecuárias em 2012, as variações esperadas e o total de áreas que seria necessário em 2024 para atender às novas demandas, assim como as variações e participações nesse período. A variação total da área entre 2012 a 2024, exposta na Tabela 4, é a mesma que corresponde à variação do volume exposta na Tabela 3, uma vez que se tem por hipótese produtividade constante, conforme exposto na metodologia. Para os produtos que estavam agregados na Tabela 3, foram mantidas as mesmas variações para o grupo de produtos desagregados na Tabela 4, por exemplo; Na Tabela 3 arroz e trigo estavam agregados, na Tabela 4 os mesmos estão desagregados e a taxa de variação das terras é mantida a mesma para os dois produtos. Ademais, mantidos os níveis de produtividade de 2012, projeta-se crescimento de 10,5 milhões de hectares de áreas para a agropecuária até 2024, especialmente para a produção de alimentos. Esses números representariam um acréscimo de 4,27% na área explorada em 2012 no Brasil.

Mantidas as produtividades, a pecuária é a atividade que mais demandará novas áreas de terras no Brasil; cerca de 8,2 milhões de hectares a mais, ou cerca de 80% das novas áreas demandadas. Segundo dados disponibilizados por Heloísa et al. (2013), em 2012 o setor ocupou cerca de 171 milhões de hectares. Considerando a mesma lotação para 2024, as estimativas realizadas indicam a utilização de cerca de 179.207 mil hectares, o que representa 69,7% da área utilizada pelas atividades agropecuárias.

Entre as áreas utilizadas pelas atividades, apresentadas na Tabela 4, além da bovinocultura, destacam-se a soja, o milho e a cana-de-açúcar. Somente essas atividades ocuparam cerca de 90% das áreas produtivas do país. Também são elas que demandarão a maior parcela das novas terras. Incluindo a produção de algodão, o grupo é responsável por 97,3% da demanda de novas terras para uso agropecuário. O café é a única atividade produtiva em que as estimativas indicam recuo de produção e área. Segundo a FIESP (2014), a redução das áreas com cafeicultura está relacionada a questões ambientais. Segundo a instituição, os produtores de café estão enfrentando um forte surto de ferrugem e as indicações são que esse processo deverá levar alguns anos, dada a descapitalização dos cafeicultores e, em muitos casos, também a necessidade de replantio das lavouras e suas substituições por variedades mais resistentes.

Tabela 4: Áreas de terras em uso em 2012 e necessárias em 2024 no Brasil com produtividade constante (em mil hectares)

Produtos	Áreas utilizadas em 2012	Var. Área (mil ha)	Áreas necessárias em 2024 (mil ha)	Var. % área
Arroz	2.443	33	2.476	1,34
Trigo	1.942	26	1.968	1,34
Milho em grão	15.065	617	15.683	4,10
Algodão herbáceo	1.433	267	1.700	18,66
Cana-de-açúcar	9.752	495	10.247	5,07
Soja em grão	25.091	663	25.754	2,64
Feijão	3.183	32	3.215	1,02
Mandioca	1.758	18	1.776	1,02
Outros produtos (L.T)	1.928	20	1.948	1,02
Laranja	730	18	747	2,42
Café em grão	2.120	-7	2.114	-0,31
Coco-da-baía	258	2	260	0,70
Banana	481	3	484	0,70
Dendê	113	1	114	0,70
Outros produtos (L.P)	2.406	17	2.423	0,70
Bovinos	171.000	8.207	179.207	4,80
Produtos da silvicultura	6.516	29	6.545	0,44
Produtos do fumo	411	97	508	23,63
Total	246.629	10.538	257.166	4,27

Fonte: Áreas plantadas para 2012, IBGE (2015b), IBGE (2015c), áreas da silvicultura Santos et al., (2012), áreas da bovinocultura Heloísa et al., (2013) e resultados do modelo. Tabela elaboração própria.

O crescimento da demanda mundial por alimentos do Brasil deverá demandar novas áreas produtivas, de acordo com os limites e condições agora impostas. Entre os principais condicionantes destacam-se as mudanças climáticas e as novas exigências legais. Em 2014, a Embrapa estimou os limites legais de área para fins agropecuários no Brasil (EMBRAPA, 2014), que é de cerca de 254,4 milhões de hectares. Essa disponibilidade legal para a agropecuária considera apenas as regras de inclusão nas APPs, no cômputo da reserva legal, existente para a Amazônia. A única situação em que é permitida legalmente a incorporação no cômputo dos 80% destinados à reserva legal sem nenhuma restrição. As alterações locais, surgidas em 2009, como o zoneamento ecológico-econômico da BR 163 e o Código Florestal de Santa Catarina não foram incorporados na estimativa de área legalmente disponível, segundo a Embrapa (2014).

Na Tabela 5 são apresentadas estatísticas de uso de áreas entre 1970 e 2006, assim como estimativas de uso e da fronteira legal disponível, realizadas pelo presente autor dessa dissertação. Embora o interesse seja em dados mais recentes, foram apresentados os dados desde a década de 1970 para fins de comparação. O cálculo da fronteira agropecuária brasileira, realizada pelo presente autor dessa dissertação considera a diferença entre as terras utilizadas no ano corrente e a disponibilidade legal para a agropecuária estimada pela Embrapa. Em 2006, esse cálculo indicava uma disponibilidade de 31,3 milhões de hectares e em 2012 passou para 7,7 milhões. Algumas informações adicionais sobre a Tabela 5 estão expostas na nota de rodapé.

Tabela 5: Usos e limites de terras no Brasil para fins agropecuários - 1970/2006 (em mil hectares)

	1980	1985	1996	2006	E[2012]	E[2024]
Lavouras	49.104	52.148	41.794	59.847	69.113	71.415
Matas naturais	83.152	83.017	88.898	93.982	93.982	93.982
Mata plantada	5.016	5.967	5.396	4.497	6.516	6.545
Pastagens	174.500	179.188	177.700	158.754	171.000	179.206
Área total ⁸	364.854	374.925	353.611	329.941	-	-
Área em Uso ⁹	228.620	237.303	224.891	223.098	246.629	257.166
Fronteira legal ¹⁰				31.300	7.769	-2.768

Fonte: IBGE (2015), Censo agropecuário 1970/2006, IBGE (2015b), IBGE (2015c) e Embrapa (2015). Elaboração do autor.

*A área de Matas dos estabelecimentos está disponível até a última data do censo agropecuário 2006, é utilizada a mesma área de 2006 para 2012 e 2024.

As áreas destinadas a lavouras, matas e pastagens em 2012 foram estimadas com base na evolução da produção agropecuária, da silvicultura e de estimativas realizadas por outras instituições. No caso da evolução da pastagem, utilizou-se a estimativa do Anuário da Pecuária 2013 (HELOÍSA et al. 2013). Em 2024, os números refletem as projeções de crescimento apresentadas anteriormente. Os dados consolidados na Tabela 5 mostram que a área de lavouras deverá ocupar cerca de 71,4 milhões de hectares, números que diferem dos resultados

⁸ Área total dos estabelecimentos agropecuários incluem estradas, pântanos, construções e outros usos.

⁹ Compreende a soma das áreas de matas plantadas, pastagens e lavouras.

¹⁰ Diferença entre as áreas legalmente disponíveis, conforme Embrapa (2014) de 2.543.981 km² pelas áreas em uso.

obtidos pelo estudo realizado pela FIESP (2014), que mostra expansão das lavouras em 63,4 milhões de hectares para 2024. O resultado inferior do estudo da FIESP (2014) é caracterizado tanto pelo fato de não considerar os efeitos do aumento da demanda gerada pelo consumo intermediário dos setores quanto pela hipótese de produtividade constante adotada nesse trabalho. Outro estudo que também realizou projeções para alguns produtos agrícolas foi feito pelo MAPA (2014). Suas projeções apontam que a produção de grãos deve ocupar cerca de 82,624 milhões de hectares, sendo que a área com arroz, feijão, milho, soja e trigo devem ocupar cerca de 63,945 milhões de hectares em 2024.

A FIESP (2014) aponta que a Região Nordeste terá incremento de área total de 1,1 milhão de hectares, seguida da Região Norte, com 0,8 milhões de hectares a serem incorporados à produção. O estudo estima que a área da pecuária ocupe cerca de 176 milhões de hectares em 2024, ficando próximo das projeções encontradas no presente trabalho de 179 milhões de hectares, apresentadas na Tabela 5.

Além disso, verifica-se na Tabela 5 expansão de 3,3% da área utilizada pelas lavouras e 4,8% da área utilizada pela pecuária. Esse padrão de expansão das atividades agropecuárias, mantidas as produtividades, deverá superar em 2,6 milhões de hectares de disponibilidade legal de áreas, conforme estimado pela Embrapa (2014).

Neste caso hipotético, em que as produtividades não se alteram em relação a 2012, verifica-se a incapacidade da estrutura produtiva nacional em atender às novas demandas mundiais de alimentos. O desenvolvimento e implantação de novas tecnologias e o crescimento da agricultura, em detrimento da lotação na pecuária, surgem como soluções necessárias, caso sejam respeitados os limites legais. Este constituirá o foco da análise do próximo tópico.

4.2 Realocação produtiva com crescimento de produtividade

Considerando possíveis ajustes de produtividade, baseados em projeções do MAPA (2012), do MAPA (2014), da FIESP (2014) e de Carvalho et al. (2010), são apresentadas na Tabela 6 algumas possíveis demandas de terras para cada tipo de cultura em 2024. Além disso, são expostas, na coluna 5, as produtividades necessárias permitindo o uso total das áreas ainda disponíveis legalmente, conforme indicado pela Embrapa (2014). Esse limite seria de 254,4 milhões de hectares para as atividades agropecuárias no Brasil.

Tabela 6: Crescimento da produtividade, da produção agropecuária e da demanda de terra para 2012 e 2024

Produtos	Produtividade em 2012 ton/ha	Produtividade projetada para 2024 (ton/ha)*	Demanda projetada de terras em 2024 (em mil ha)	Produção em 2024 com limites legais de terra (ton/ha)	Produção em 2024 sem expansão de terras ton/ha
Arroz	4,79	5,50	2.155	4,84	4,85
Trigo	2,31	3,03	1.502	2,34	2,34
Milho	5,01	5,39	14.572	5,06	5,21
Algodão herbáceo	3,60	5,53	1.106	3,64	4,27
Cana-de-açúcar	74,30	81,33	9.361	75,11	78,07
Soja em grão	2,64	3,00	22.637	2,67	2,71
Feijão	1,03	1,22	2.709	1,04	1,04
Mandioca	13,61	15,14	1.597	13,76	13,75
Outr. produtos (LT)	13,37	13,37	1.948	13,51	13,50
Laranja	24,99	25,30	738	25,26	25,60
Café em grão	1,42	1,76	1.710	1,44	1,42
Coco-da-baía	7,48	7,48	260	7,57	7,54
Banana	14,21	18,36	375	14,36	14,31
Dendê	11,48	11,48	114	11,60	11,56
Outr. Produtos (LP)	11,14	11,14	2.423	11,26	11,22
Bovinos	1,23	1,60	138.387	1,25	1,29
Silvicultura	27,26	27,26	6.545	27,55	27,38
Fumo	1,98	2,24	449	2,00	2,44
Áreas (em mil)	246.629	-	208.586	254.398	246.629

Fonte: *Produtividades projetadas obtidas dos seguintes trabalhos: MAPA (2012), MAPA (2014), FIESP (2014), Embrapa (2014), IBGE (2015b), IBGE (2015c) e Carvalho et al., (2010). Cálculos e tabela realizados pelo autor.

Na coluna 2 e 3 da Tabela 6 é possível visualizar alguns ganhos de produtividade esperados no período e na coluna 4 o resultado desse crescimento sobre as áreas demandadas para a produção agropecuária. Em quase todos os produtos verifica-se projeções de aumento de produtividade. No caso da pecuária, a projeção indica a liberação de aproximadamente 33 milhões de hectares para outras atividades, comparada a lotação do cenário de produtividade constante. O crescimento da lotação é viabilizado pela introdução de novas formas de manejo, melhorias de pastagens e integração lavoura-pastagem. Considerando todas as atividades da Tabela 6, a área de ocupação

projetada para 2024 com produtividade da literatura é de 208,6 milhões de hectares, o que é um espaço dentro dos limites legais, ou seja, de 254,4 milhões de hectares.

Na coluna 5 da Tabela 6 são apresentadas as produtividades necessárias por atividade em 2024, a fim de garantir que os limites legais sejam respeitados, ou seja, a produtividade necessária para equilibrar a oferta de terras no Brasil e a demanda mundial de alimentos por produtos brasileiros, na hipótese de a produtividade não ser ampliada conforme esperado por estudos feitos (MAPA, 2012, 2014; FIESP, 2014). Os números indicam a necessidade de pequenos ajustes na produtividade para que o crescimento da produção seja necessário para atender às demandas nacional e internacional de alimentos e derivados de floresta, respeitando o limite legal.

Na coluna 6 da Tabela 6 é apresentada a produtividade necessária para não haver crescimento sobre novas áreas, ou seja, mantendo as mesmas áreas agropecuárias utilizadas em 2012, por essas culturas. Observam-se crescimentos mais expressivos nas culturas de milho, que teriam que crescer de 5,01 toneladas por hectare em 2012, para 5,21 ton/ha em 2024. A produtividade do algodão, que foi de 3,6 ton/ha em 2012, necessita aumentar para 4,27 ton/ha em 2024. Além dessas culturas, a produção do fumo também apresenta necessidade de crescimento expressivo, de 2 ton/ha em 2012 para 2,44 ton/ha em 2024. As outras culturas não apresentam necessidades de crescimentos significativos, o que sugere a possibilidade de atender à demanda por produtos agropecuários para 2024, mantendo as terras utilizadas em 2012, mas com ajustes de produtividade.

O conjunto de informações apresentadas neste tópico permite visualizar que “pequenos ajustes de produtividade” são suficientes para acomodar a crescente demanda de alimentos de forma a respeitar os limites legais nos próximos anos. Após analisar a necessidade do crescimento da produtividade para 2024 é avaliado o crescimento histórico da produtividade das culturas para comparar se os ajustes necessários são superiores ou inferiores ao crescimento histórico e quais foram os determinantes do crescimento.

Historicamente, o aumento da produção agropecuária ocorreu via crescimento da produtividade e expansão das terras utilizadas. A produtividade da agropecuária brasileira apresentou crescimento contínuo e acentuado após a década de 1970, período no qual se observou intenso aperfeiçoamento das técnicas de produção. Em consonância com Miranda (2002), isso foi possível pelo desenvolvimento de variedades de sementes perfeitamente adaptadas às

condições de uma agricultura que opera em clima tropical, o que proporcionou o aumento da produtividade agropecuária. Para Muller e Martine (1997), esse aumento da produtividade agropecuária no Brasil esteve muito relacionado ao progresso técnico científico. Para Lopes et al. (2007), o rápido crescimento do setor agropecuário brasileiro foi facilitado por políticas macroeconômicas a partir da década de 1990.

Kageyama et al. (2003) argumentam que as políticas públicas realizadas pelo governo, como PRONAF, influenciaram na produtividade agropecuária, uma vez que, os financiamentos governamentais possibilitaram investimentos em capital produtivo e capital de giro. A seguir são apresentados os dados históricos da produtividade das principais culturas agrícolas e a lotação da pecuária no período de 1970 a 2012.

Tabela 7: Evolução da produtividade das terras no Brasil entre 1970 e 2012 (em ton/ha)

Produtos	1970	1980	1985	1995	2006	2012
Arroz	1,22	1,42	1,74	2,71	4,01	4,79
Trigo	0,93	0,91	1,52	1,70	1,72	2,31
Milho	1,20	1,52	1,48	2,44	3,57	5,01
Algodão herbáceo	0,85	1,12	1,06	1,33	2,90	3,60
Cana-de-açúcar	39,97	53,62	60,53	62,09	71,71	74,30
Soja	0,86	1,64	1,77	2,33	2,58	2,64
Feijão	0,37	0,40	0,38	0,51	0,73	1,03
Mandioca	8,44	9,53	7,60	7,49	6,97	13,61
Outros produtos (L.T)	-	-	-	4,38	7,17	13,37
Laranja	14,86	17,19	18,72	16,51	20,40	24,99
Café	0,46	0,57	0,93	1,03	1,44	1,42
Coco-da-baía	-	-	-	3,99	6,85	7,48
Banana	-	-	-	1,10	13,79	14,21
Dendê	-	-	-	10,01	12,51	11,48
Outros produtos (L.P)	-	-	-	42,18	10,19	11,14
Bovinocultura	0,51	0,68	0,71	0,86	1,11	1,23
Produtos da silvicultura**	-	-	-	22,16	25,85	27,26
Produtos do fumo	-	1,23	1,48	1,51	1,95	1,98

Fonte: IBGE (2015), IBGE (2015b), IBGE (2015c), Santos et al. (2012). Tabela e cálculos elaboração própria.

** Razão entre produção madeireira em tora e lenha pela área plantada, dados disponíveis a partir de 1990.

Entre os produtos da lavoura pode-se destacar a evolução da produtividade do milho e do algodão, os quais mais que quadruplicou no período. A soja, arroz e café mais que triplicaram em termos de produtividade no mesmo período. Ademais, a bovinocultura brasileira apresentou crescimento de 141% nos 42 anos avaliados. Já para a silvicultura, o crescimento da produtividade foi acompanhado pela expansão de 28,51% na área de florestas plantadas entre 2006 e 2012, explicados pelas demandas crescentes de celulose e papel (SNIF, 2015).

Embora a produtividade agropecuária brasileira tenha apresentado crescimento acelerado e contínuo ao longo dos anos, seu aumento não foi homogêneo, o que acabou por criar grandes diferenças entre as regiões brasileiras. A Tabela 8 apresenta as produtividades agropecuárias em 1990 e 2012, por Macro-região do Brasil. Pode-se observar que em quase todos os produtos avaliados há elevadas diferenças regionais no tocante à produtividade.

Entre as lavouras, a soja é o produto com maior uso de terra, apresentando produtividade média de 2,6 ton/ha em 2012. Visualiza-se regionalmente produtividade acima de 3,0 ton/ha na região Centro-Oeste, maior produtora nacional, e também de 2,0 ton/ha na região Sul. Em 1990, essas diferenças eram menores, com destaque para a baixa produtividade da região Nordeste, região que também apresentou elevado crescimento da produtividade nas três décadas. No caso do milho, as principais regiões produtoras apresentaram produtividade similar, próxima de 6,0 ton/ha em 2012, enquanto a região Nordeste apresentou produtividade de apenas 2,2 ton/ha. O milho e o algodão foram os produtos em que os ganhos de produtividade no período foram mais significativos entre as lavouras analisadas. Para Carvalho et al. (1988) e Heinze (2002), o desenvolvimento da agropecuária no Nordeste brasileiro foi possível através da implantação de tecnologias de irrigação.

Tabela 8: Produtividades agropecuárias regionais no Brasil entre 1990 e 2012 (em ton/ha)

Produtos	Brasil		Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste	
	90	12	90	12	90	12	90	12	90	12	90	12
Arroz	1,9	4,8	1,4	2,8	0,8	1,2	1,5	3,2	4,0	7,3	1,2	3,4
Trigo	1,2	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,1	1,2	2,3	1,1	2,8
Milho	1,9	5,0	1,4	3,1	0,3	2,2	1,9	5,8	2,5	5,0	2,2	5,9
Algodão herbáceo	1,3	3,6	0,8	3,0	0,5	3,2	1,3	3,3	1,7	1,5	1,5	3,8
Cana-de-açúcar	61,5	74,3	49,8	63,6	48,5	56,5	68,9	78,4	65,9	70,9	65,4	73,6
Soja	1,7	2,6	1,4	3,1	0,6	2,9	1,5	2,9	1,9	2,0	1,7	3,0
Feijão	0,5	1,0	0,6	0,8	0,3	0,2	0,6	1,6	0,6	1,4	0,6	1,8
Mandioca	12,6	13,6	13,1	15,2	10,7	8,4	14,6	18,2	17,5	20,9	15,6	17,6
Outros produtos (L.T)	7,8	13,4	13,1	15,2	10,7	8,4	14,6	18,2	17,5	20,9	15,6	17,6
Laranja	96,0	25,0	91,9	16,0	89,8	13,5	97,1	28,5	88,3	23,9	69,0	19,0
Café em grão	1,0	1,4	1,4	0,8	0,8	0,9	1,0	1,5	0,7	1,5	1,1	1,0
Coco-da-baía	3,4	7,6	7,8	9,8	3,1	6,4	4,2	15,8	-	10,1	7,0	13,0
Banana	1,1	14,3	1,1	12,0	1,2	12,1	1,1	16,3	1,4	20,2	0,8	13,8
Dendê	7,4	11,0	11,0	19,0	4,2	3,8	-	-	-	-	-	-
Outros produtos (L.P)	43,5	11,1	48,4	6,2	40,4	10,1	65,0	15,5	43,7	10,3	26,5	10,8
Bovinocultura*	0,9	1,2	0,7	1,5	0,7	0,9	1,0	1,3	1,3	1,6	0,8	1,1
Silvicultura**	25,9	27,3	-	13,8	-	23,2	-	19,2	-	47,0	-	14,5
Produtos do fumo	1,6	2,0	0,6	1,0	1,0	1,0	0,6	0,8	1,8	2,0	1,0	0,8

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados brutos da produção das lavouras, IBGE (2015b), IBGE (2015c), Heloísa (2012), Santos et al.(2013), IBGE (2015), tabela elaboração própria.

* Bovinocultura 1996-2012 – Animais por hectare.

** Silvicultura 2006-2012 – m³/hectare.

No que se refere à bovinocultura, a produtividade é considerada muito baixa diante das potencialidades em comparação com a República da Coreia, onde, segundo a FAO (2015a) em 2012 a lotação da pecuária era de aproximadamente 60 cabeças por hectare, França 2,0 cab/ha e Indonésia 1,6 cab/ha. Contudo, segundo o que consta na Tabela 8, é possível verificar uma lotação média no Brasil de 1,2 animais por hectare em 2012. A elevada disponibilidade de áreas para a criação animal contribuiu bastante para o sistema extensivo adotado no Brasil.

A baixa lotação da pecuária está relacionada às diferenças produtivas dos estabelecimentos agropecuários, pois alguns estabelecimentos no país apresentam produtividades muito abaixo da média nacional. Tal fato está relacionado, em alguns casos, aos ganhos

de escala e baixa remuneração dos estabelecimentos. Bresser-Pereira (1964) alertavam que os estabelecimentos agropecuários brasileiros sofrem com a baixa remuneração do trabalho, que não possibilita o aumento das taxas de capital nas lavouras. Buainain et al. (2003) destaca ainda que em praticamente todas as regiões, os agricultores enfrentam problemas associados à disponibilidade de capital de giro e recursos para investimentos, o que dificulta o crescimento da produtividade dos estabelecimentos.

Além dos fatores microeconômicos, os fatores edafoclimáticos regionais influenciam nas diferenças de produtividade observadas. Porém, regiões como Norte e Nordeste, que apresentaram elevada defasagem em relação à produtividade, vêm apresentando uma tendência de aproximação da média das grandes regiões produtoras. Isso se deve em muito aos investimentos realizados na região, o que proporcionou melhorias nas técnicas de cultivo, uso de híbridos e implantação de tecnologia de irrigação (MIRANDA, 2002; BUAINAIN et al., 2003; CRISÓSTOMO et al., 2003). Em análise do tema para o período de 1991 e 2003, Almeida et al. (2008) encontraram evidências em favor da existência de convergência absoluta da produtividade agrícola das microrregiões brasileiras. Em contrapartida, isso sugere que a produtividade agrícola brasileira estaria convergindo para a média, porém a uma taxa muito lenta.

Após analisados a necessidade dos ajustes de produtividade para 2024 e o crescimento histórico dos últimos anos, na Tabela 9 são apresentadas as necessidades do crescimento da produtividade agropecuária entre 2012 a 2024. Além disso, a tabela também apresenta o crescimento histórico da produtividade entre 1990 a 2012 para avaliar se os ajustes de produtividade do período projetado são superiores ou inferiores ao crescimento histórico. De forma geral, as necessidades de aumento da produtividade para 2024 dos produtos estudados são inferiores ao crescimento histórico observado, exceto para algumas culturas que serão citadas a seguir.

Tabela 9: Comparação do crescimento anual da produtividade agropecuária brasileira entre 1990-2012 e 2012-2024 (em %)

Produtos	Cres. Histórico 1990-2012	Cres. Produt. em 2012-2024 com limites legais de terra	Cres. Da produtividade de estimada (2012-24)**
Arroz	4,30	0,087	1,16
Trigo	3,00	0,108	2,29
Milho	4,50	0,083	0,61
Algodão	4,74	0,092	3,64
Cana-de-açúcar	0,86	0,090	0,76
Soja	1,95	0,094	1,07
Feijão	3,20	0,081	1,42
Mandioca	0,35	0,091	0,89
Outros produtos (L.T)	2,49	0,087	0,00
Laranja	-5,93	0,090	0,10
Café em grão	1,54	0,117	1,80
Coco-da-baía	3,72	0,100	0,00
Banana	12,37	0,088	2,16
Dendê	1,82	0,087	0,00
Outros produtos (L.P)	-6,02	0,089	0,00
Bovinocultura	1,32	0,135	2,22
Silvicultura	0,24	0,088	0,00
Fumo	1,02	0,084	1,03

Fonte: Cálculos e tabela realizados pelo autor.

Conforme os dados apresentados na Tabela 9, mais especificamente na coluna 3, o crescimento da produtividade de 2012 a 2024, com os limites legais da fronteira agrícola, corresponde a cerca de 1% a.a., conforme exposto na coluna 3 da Tabela 9. Os dados históricos de 1990 a 2012 apresentam crescimento superior para basicamente todos os produtos estudados, exceto para a produção de laranja e outros produtos da lavoura permanente. O crescimento anual da produtividade estimada pelos trabalhos dos estudos feitos pelo MAPA (2012), MAPA (2014), pela FIESP (2014), pela Embrapa (2014) e por Carvalho et al. (2010), também apresentam taxas inferiores ao crescimento anual histórico para basicamente todos os produtos agropecuários, conforme

os resultados apresentados na coluna 4, exceto nas culturas de laranja, café, outros produtos da lavoura e para a lotação da bovinocultura.

Apesar do crescimento histórico entre 1990 a 2012 ser superior ao estimado para 2024, é necessário ressaltar que a produtividade agropecuária brasileira é heterogênea. Portanto, algumas regiões deverão ter crescimento mais expressivo para alcançar a média nacional, como é o caso da Região Nordeste, onde os dados históricos de 1990 a 2012 apresentam apreciável queda de produtividade nas culturas de feijão, mandioca, fumo, dendê, laranja e outros produtos da lavoura.

Além do crescimento da produtividade, a expansão de terras agropecuárias deve ocorrer até o limite da fronteira legal, pois segundo a teoria ricardiana, o produtor planta as terras mais férteis e, à medida que a demanda cresce, expande a produção para terras menos férteis e a utilização do capital na terra é empregado até que o seu rendimento não mais os compense. Na Tabela 10 são apresentadas a taxa de crescimento do uso das terras entre lavouras, matas plantadas e pastagens entre 1970 a 2006, possibilitando identificar quais regiões brasileiras tiveram crescimento da fronteira agropecuária e em quais não houve crescimento. Os resultados obtidos são utilizados como *proxy* para identificar quais regiões ainda possuem terras disponíveis para uso agropecuário.

Conforme a Tabela 10, as Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram crescimento da área agropecuária nos últimos anos. As regiões detinham estoques de áreas agropecuárias, enquanto que as Regiões Sul e Sudeste tiveram redução das terras em uso nos últimos anos, o que podem ter ocorrido em detrimento do abandono dos estabelecimentos em terras menos férteis, crescimento das cidades, infraestrutura e preservação ambiental.

Tabela 10: Taxa de crescimento ano a ano das terras agropecuárias, lavouras, pastagens e matas plantadas entre os anos de 1970 a 2006

Brasil e Regiões	Unidade da Federação	70-75	75-80	80-85	85-95	95-06
Brasil Norte	Brasil	9,87	9,64	3,80	-5,23	0,21
	Rondônia	148,60	169,2	45,55	107,1	58,10
	Acre	65,34	106,3	16,45	76,60	74,41
	Amazonas	-1,88	84,38	4,37	-0,10	122,7
	Roraima	19,76	18,18	-21,81	31,48	-49,71
	Pará	30,12	46,05	38,90	7,89	55,45
	Amapá	16,36	-36,30	138,6	-38,64	21,66
	Tocantins	-	-	-	0,33	-22,46
	Norte	28,96	47,18	145,5	12,18	17,94
Nordeste	Maranhão	17,95	28,65	8,31	-9,14	34,42
	Piauí	9,79	6,71	-1,08	-33,53	32,40
	Ceará	-10,51	20,88	-15,39	-31,49	13,11
	Rio Grande do Norte	-6,93	8,61	-4,81	-28,65	2,57
	Paraíba	-4,01	3,06	1,12	-22,67	-6,22
	Pernambuco	10,80	-4,81	-3,92	-13,92	9,36
	Alagoas	17,21	14,20	6,15	-5,17	4,06
	Sergipe	15,20	3,98	8,71	-9,79	-11,93
	Bahia	21,15	25,30	11,65	-3,93	-0,67
	Nordeste	8,85	16,32	2,84	-14,15	8,47
Sudeste	Minas Gerais	8,86	-1,46	0,18	-13,33	-21,45
	Espírito Santo	13,12	1,64	6,08	-9,20	-19,22
	Rio de Janeiro	5,82	-5,28	1,82	-21,19	-13,32
	São Paulo	3,60	-1,57	1,50	-14,10	-3,89
	Sudeste	7,29	-1,50	0,93	-13,66	-15,88
Sul	Paraná	16,80	11,01	5,32	-3,03	-5,01
	Santa Catarina	2,67	15,77	5,00	-8,80	-9,36
	Rio Grande do Sul	0,95	1,99	-1,58	-10,82	-5,38
	Sul	5,66	6,40	1,50	-7,91	-5,76
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	-	5,25	3,16	-3,25	0,11
	Mato Grosso	-63,63	39,22	13,29	31,85	16,70
	Goiás	24,77	9,38	-31,16	-9,43	-8,98
	Distrito Federal	-0,82	71,19	20,26	-27,31	-1,35
	Centro-Oeste	13,75	13,43	-10,52	4,19	3,11

Fonte: Banco de Dados Agregado IBGE (2015), censos agropecuários, cálculos e tabela elaboração própria.

- ausência de dados.

A Região Norte foi a região que apresentou maior crescimento no uso das terras agropecuárias, correspondendo a cerca de 17,94% no período de 1995 a 2006. O crescimento na Região ocorreu principalmente sobre o estado da Amazônia que expressa crescimento de 122,77% no período de 1995 a 2006, seguido do estado do Acre com 74,41%. O estado do Tocantins e Roraima é a única região do Norte que apresentou recuo de 22,46% no mesmo período.

Para a região Centro-Oeste, o baixo crescimento da agropecuária nos últimos anos, considerando a alta dos preços das commodities, evidencia que a região está próxima dos limites legais. Os dados consolidados na Tabela 10 apresentam crescimento da agropecuária somente na Região do Mato Grosso para a região Centro-Oeste, apontando que os limites da fronteira agropecuária estão situados nessas regiões.

Para as Regiões Sul e Sudeste, o recuo do crescimento da agropecuária sugere que não há mais espaço para expansão em direção a novas terras nessas regiões. Esses resultados indicam que, enquanto as demais regiões brasileiras podem aumentar a produção agropecuária via expansão de novas terras, aumento da produtividade e conversão de pastagem em lavouras, as Regiões Sul e Sudeste estão restritas somente a ganhos de produtividade e crescimento de uma determinada cultura em detrimento de outra que também podem ocorrer com a conversão de pastagem em lavouras como sugere Torres et al. (2004).

As informações apresentadas na Tabela 10 indicam que o crescimento da fronteira agropecuária brasileira está concentrada principalmente na região Norte, o que corrobora com os resultados apresentados em Ferreira Filho et al. (2012). Isso sugere que a produção por expansão de novas terras pode ocorrer para basicamente todas as culturas, pois a região Norte produz essencialmente todos os principais produtos agropecuários, exceto trigo. Porém, a Região Norte, também possuem restrições no uso das terras por motivos legais.

O conjunto de informações apresentadas no tópico 4.2 também sugere que o crescimento da oferta de alimentos para a próxima década deverá ocorrer com o crescimento da produtividade agropecuária e expansão da fronteira agrícola, como preconiza a teoria ricardiana. No próximo tópico serão abordados os principais desafios para o crescimento da produtividade agropecuária para a próxima década e algumas políticas para viabilizar o crescimento da produtividade.

4.3 Desafios para o crescimento da produtividade e políticas econômicas para a próxima década

Uma vez apresentados os ajustes necessários da produtividade brasileira e os limites da fronteira agropecuária, são expostos a seguir os principais desafios para aumentar a produtividade. Segundo Lal (2004), o crescimento da produtividade agropecuário pode ocorrer com a correção dos solos e irrigação eficiente. Rocha et al. (2015) argumentam que as áreas irrigadas promovem aumento substancial da produtividade e redução dos preços dos alimentos. Nesse sentido, na Tabela 11 são apresentadas as áreas efetivamente irrigadas nas regiões brasileiras em 2006. Observa-se que apenas 7,51% das áreas de lavouras são efetivamente irrigadas no Brasil, com taxa mais alta para a região Sudeste, onde 12,04% das lavouras são irrigadas. A região nordeste compreende cerca de 6,64% da área de lavouras irrigadas, sendo que os estabelecimentos de 0 a 5 hectares possuem maior percentual de áreas de lavouras irrigadas, 10,42%.

Tabela 11: Percentual da área de lavouras (permanente mais temporária) irrigada em 2006, discriminados por tamanho da área dos estabelecimentos (em %)

Regiões	Total	Maior de 0 a menos de 5 há	De 5 a menos de 20 há	De 20 a menos de 100 ha	De 100 a menos de 500 há	mais de 500 ha
Brasil	7,51	13,86	7,77	5,11	7,29	7,43
Norte	2,59	10,84	5,57	1,46	1,57	2,70
Nordeste	6,64	10,42	7,32	3,60	5,08	7,24
Sudeste	12,04	33,39	17,26	8,96	8,65	11,64
Sul	8,16	8,34	3,86	4,92	10,24	11,39
Centro-Oeste	4,64	52,38	14,19	5,25	4,83	4,21

Fonte: Dados brutos IBGE (2015), censo agropecuário 2006, tabela e cálculos elaboração própria.

O potencial de irrigação das lavouras brasileiras está sujeito à disponibilidade de recursos hídricos. Os recursos hídricos destinados à irrigação tem, segundo Rocha et al. (2015), a parcela de água precipitada

sobre os continentes, que é administrada usando os princípios de gestão dos recursos híbridos.

No Nordeste brasileiro, principal região que sofre com a escassez de chuvas, conforme Suassuna (2014), são passíveis de irrigação cerca de 2,2 a 2,5 milhões de hectares, ainda grande parte das áreas irrigadas sofrem com problemas de alta salinidade. A viabilidade da irrigação no Nordeste brasileiro torna-se problemática, pois, além da alta salinidade dos poços, a região sofre com a baixa remuneração da mão de obra, baixa escolaridade e é castigada pela irregularidade das chuvas o que dificulta a criação de sistemas de armazenagem de água. Essa problemática faz necessários investimentos na área de planejamento híbrido na região, com políticas mais eficientes voltadas para irrigação eficiente e que minimizem os desperdícios, pois segundo a ONU (2015b), até 2030, o planeta enfrentará um *déficit* de água de 40%, a menos que seja melhorada dramaticamente a gestão deste recurso.

Mediante à necessidade de realizar irrigação mais sustentável, o governo brasileiro já vem realizando políticas de irrigação visando ao desenvolvimento sustentável. Rocha et al. (2015) salientam que o MAPA definiu que as áreas prioritárias para a irrigação são as adotadas para atuar em cooperação e as decorrentes das responsabilidades relacionadas com a necessidade de compatibilizar as políticas de recursos híbridos ao meio ambiente. Portanto, no exercício das atribuições do MAPA foram definidos dois objetivos, a saber:

Objetivo 0163 – Aperfeiçoar as políticas creditícia e securitária voltadas à irrigação com vistas a ampliar a área irrigada, a aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos e a contribuir para a contenção do avanço da fronteira agrícola.

Objetivo 0171 – Promover e fortalecer a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação, voltados para a agricultura irrigada e a sua difusão, visando ao incremento nos ganhos em produtividade, com qualidade e redução dos custos de produção.

As atribuições do MAPA juntamente com a disponibilidade do crédito agrícola podem viabilizar o processo de irrigação no semiárido brasileiro, aumentando a produtividade agropecuária. Para Rebouças et al. (1997), a transposição do Rio São Francisco viabiliza a irrigação do semi-árido brasileiro, mas é necessário o uso sustentável do recurso, pois a ONU (2015b) alerta que os recursos hídricos são renováveis, mas as quantidades disponíveis em qualquer tempo ou lugar refletirão os limites do seu ciclo natural.

Além do processo de irrigação, a adubação é um insumo fundamental para o crescimento da produtividade. Segundo a FAO

(2013), o crescimento da oferta mundial de alimentos só foi possível pelas práticas de irrigação, uso de adubos e conservação dos solos. No Brasil, conforme indicado Tabela 12, apenas 27,27% dos 5,17 milhões de estabelecimentos agropecuários utilizavam adubos nas lavouras em 2006. O uso de adubos em pastagens é ainda menor, o que representa cerca de 1,63%.

Tabela 12: Percentual dos estabelecimentos que utilizam adubos nas lavouras e pastagens em 2006 (em %)

Regiões	Usam adubos em lavouras (%)	Usam adubos em pastagens (%)
Brasil	27,27	1,63
Norte	8,44	0,47
Nordeste	15,90	0,90
Sudeste	43,17	2,79
Sul	52,50	2,36
Centro-Oeste	17,22	3,37

Fonte: Dados brutos IBGE (2015), censo agropecuário 2006, tabela e cálculos elaboração própria.

O desafio para a utilização de adubos químicos na agricultura brasileira está no aumento dos preços dos insumos devido à redução dos estoques da matéria prima, como destaca Cordell (2009). Além do uso de fertilizantes e irrigação para proporcionar o aumento da produtividade agropecuária à especialização dos estabelecimentos também se apresenta como forma viável. Segundo Guanziroli (2007), a agricultura Familiar brasileira é constituída principalmente por agricultores familiares que possuem uma produção diversificada ou especializada, apenas 11,5% de seus estabelecimentos apresentam uma produção muito especializada, em que um único produto atinge 100% do valor bruto de sua produção. O sistema mais frequente é o diversificado, com 41,1% dos estabelecimentos tendo um único produto atingindo de 35% a 65% do VBP. Os agricultores familiares especializados, representados por 29,4% do total são, entretanto, os que obtêm a maior renda total, tanto por estabelecimento quanto por unidade de área, sendo R\$ 3.885 por estabelecimento ao ano e R\$139 por hectare. Os agricultores muito especializados apresentam a maior renda média por estabelecimento R\$ 4.604.

Conforme as evidências encontradas em Guanzioli (2007), a especialização da agricultura familiar pode contribuir para o crescimento da produtividade agrícola. Enquanto a agricultura de grande escala proporcionaria produtos que visam produtos com ganho de escala, a agricultura familiar se especializaria em produtos sem ganhos de escala ou os quais já possuem produtividade semelhante às propriedades de grande escala, por exemplo, a pecuária leiteira que possibilita uma remuneração elevada à agricultura familiar.

Outro caminho para os ajustes de produção é a troca de pastagens naturais por pastagens plantadas, que proporcionariam maior lotação do rebanho brasileiro por hectare. O melhoramento das pastagens, além de aumentar a lotação, possibilita a expansão das lavouras brasileiras sobre a área da pecuária. Esse processo já foi estudado anteriormente e constitui um movimento com resultados positivos para o aumento da produção agropecuária, como destaca Torres et al. (2004).

Em conformidade, segundo Brandão et al. (2006), a conversão de pastagens degradadas é um mecanismo por meio do qual a pecuária pode conseguir renovar suas pastagens. A implementação desses métodos, conseqüentemente, elevaria a capacidade de lotação da pecuária, abrindo novas terras para a expansão das lavouras brasileiras. Conforme Carvalho et al. (2014) comentam, a limitação na oferta de terras brasileiras pressupõem que as áreas de pastagens sofreram redução primeiro, seguida de trocas de culturas entre as lavouras, definido pelos preços das commodities.

O processo de melhoria das técnicas de produção deve ocorrer com conhecimento técnico e uso da agricultura de precisão, a qual já foi abordada na revisão de literatura deste trabalho. Embora as técnicas para o aumento da produtividade existam, um dos principais empecilhos à implantação é a baixa remuneração dos estabelecimentos agropecuários, principalmente nos de menor porte, que não conseguem pegar financiamentos no sistema financeiro comercial, como destaca Kageyama (2003).

Para anemizar esse problema, o governo brasileiro utiliza-se do crédito subsidiado. Kageyama (2003) explica que o crédito subsidiado possibilita que projetos que não geram retornos significativos sejam aceitos para ser executado, o que proporciona grandes gastos ao governo brasileiro. Além disso, conforme Kageyama (2003), os programas de financiamento deveriam dar atenção especial ao risco de contribuir para difundir o “pacote tecnológico produtivista”, sem um controle associado dos possíveis danos ambientais que podem resultar do uso intensivo de

agroquímicos. Portanto, os programas devem ir além do simples financiamento de práticas produtivas modernas, mas devem contribuir para introduzir mudanças nos sistemas produtivos no sentido de diminuir a sua dependência de insumos externos, bem como utilizar práticas que sejam ambientalmente mais adequadas a cada situação e que respeitem a cultura tecnológica dos agricultores.

Outro problema dos programas de crédito, em especial do PRONAF, é que os estabelecimentos que não possuem renda não são contemplados com o financiamento, apenas com assistência técnica especializada. Conseqüentemente, os incentivos dados aos agricultores são limitados, pois os estabelecimentos não possuem remuneração para implantar as técnicas sugeridas, não conseguindo sair dos métodos de produção arcaicos. Esta análise é semelhantemente a abordada por Kageyama (2003).

Ainda que o governo brasileiro venha desenvolvendo políticas de incentivo à agricultura, tanto de acesso ao crédito quanto de aplicação de políticas macroeconômicas, como ressalta Kageyama (2003), os incentivos ao crédito ainda são deficitários no âmbito de financiar os melhores projetos e ao acesso ao mesmo. Entretanto, Miranda (2002) encontra evidências de que as políticas tomadas pelo governo vêm beneficiando o crescimento da produção agrícola brasileira. Contudo, os gastos do governo e a eficiência dos investimentos podem ser potencializados ao implantar os projetos mais rentáveis e necessários para aumentar a produtividade agrícola.

Além dos problemas de acesso ao crédito, a problemática das mudanças climáticas dificulta o crescimento da produtividade, como argumenta Abramovay (2010). Mediante a essa problemática, as políticas de crescimento sustentável devem ser mais ativas para garantir a segurança alimentar mundial.

As políticas de controle de emissão de efeito estufa já em vigor pelo protocolo de Kyoto têm como objetivo a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa, o que pode ajudar na redução dos efeitos do aquecimento global sobre a produtividade. Assim, a implementação do protocolo e controles sobre o uso de intensivos agrícolas devem ser mais eficazes, buscando um crescimento sustentável em longo prazo.

Por fim, o crescimento da produtividade e a existência de uma agropecuária sustentável de longo prazo não dependem somente da ciência. É necessário que os governos e as instituições criem um ambiente propício ao desenvolvimento e à difusão das soluções.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos anos, a questão da fome foi apresentada como um dos problemas mais persistentes da história da humanidade, sendo que a variável central dessa problemática era o crescimento descontrolado da população e a distribuição de renda. Os avanços da ciência mitigaram essa problemática, embora ainda nos dias atuais seja observada a existência de alguns países que não possuem uma alimentação que supra suas necessidades nutricionais diárias.

As restrições na oferta de alimentos podem intensificar a questão de insegurança alimentar em longo prazo, uma vez que as projeções de demanda de alimentos são crescentes e a oferta de terra é limitada. Devido às limitações da fronteira agrícola, o Brasil se apresenta como um dos poucos países com possibilidade de ampliar as áreas de produção. Para analisar como as novas demandas devem pressionar as fronteiras agropecuárias no Brasil até o ano de 2024, este trabalho investigou a disponibilidade de novas áreas de terras e os ajustes de produtividade necessários para atender as demandas projetadas.

A metodologia escolhida para avaliar a fronteira agrícola brasileira para 2024 foi o modelo de insumo-produto, que caracteriza a estrutura econômica observada no Brasil, sendo apresentado no capítulo três. Os dados da matriz insumo-produto do ano de 2011 serviram de base para a calibração do modelo e a matriz foi ajustada para 2012 através do crescimento anual dos setores de 2010 a 2011. Portanto, os resultados aqui alcançados referem-se a variações, após os impactos, com relação ao ano de 2012.

A partir dos resultados obtidos do modelo e utilizando os limites legais para o uso das terras agropecuárias estimados pela Embrapa (2014), constatou-se, no capítulo quatro, que no ano de 2012 restavam no Brasil um total de 7,8 milhões de hectares possíveis de exploração, o que representava cerca de 3,0% da área utilizada naquele ano. Essa disponibilidade de novas áreas não é suficiente para atender às novas demandas domésticas e das exportações de alimentos por produtos brasileiros até 2024, mantidas as produtividades de 2012. As estimativas do crescimento da demanda em 2024 com produtividade constante gerarão uma expansão de 3,3% da área utilizada pelas lavouras e 4,8% da área utilizada pela pecuária. Esse padrão de expansão das atividades agropecuárias deverá superar em 2,6 milhões de hectares à disponibilidade legal de áreas. Porém deverão ocorrer mudanças na produtividade agropecuária.

Outro importante resultado observado no presente estudo é no tocante aos pequenos ajustes de produtividade, especialmente na pecuária, que seriam suficientes para atender às novas demandas, sem ampliação de área. A área utilizada com produtividade estimada pela literatura ocuparia cerca de 208.586 mil hectares em 2024, o que é inferior aos limites legais da fronteira agrícola brasileira. A maior liberação de áreas estaria na pecuária, sendo a diferença entre o uso de áreas com lotação de 2012 para a estimada pela literatura de cerca de 33 milhões de hectares em 2024.

O aumento da produtividade das lavouras e da lotação da pecuária, diminuindo as diferenças de produtividade regionais, pode ocorrer com investimentos produtivos, ampliando ainda mais a capacidade de produção de alimentos no Brasil para a próxima década. Além disso, no capítulo quatro, são apresentadas possíveis políticas, como investimentos em irrigação, insumos agrícolas, reconstituição de áreas degradadas, especialização produtiva e implantação de técnicas de produção por meio da agricultura de precisão. Essas políticas representam formas de elevar a produtividade agropecuária para garantir a segurança alimentar.

A oferta de alimentos projetada em território brasileiro para os próximos anos não deve ser prejudicada pela ausência de novas áreas de terras, garantindo assim a segurança alimentar. Os riscos de menor oferta de alimentos no Brasil estão mais diretamente relacionados à possibilidade de não se atingir o crescimento da produtividade estimada, devido à ocorrência de problemas climáticos. É igualmente importante considerar que garantir a segurança alimentar em longo prazo não depende somente da ciência. É necessário que os governos e as instituições criem ambiente propício ao desenvolvimento e à difusão das soluções para que haja o crescimento da produção e acesso aos produtos, principalmente pela população com renda mais baixa.

Finalmente, cabe reconhecer que o método adotado de insumo-produto não permite a substituição entre insumos e entre culturas. Embora tenha sido analisada essa possibilidade, o modelo utilizado não a considerava. O uso de modelos de equilíbrio geral pode superar essa restrição. Os trabalhos de Ferreira Filho et al. (2015) e Carvalho e Domingues (2014) utilizaram essa abordagem metodológica, mas o problema estudado foi a relação entre desmatamento da Amazônia e uso da terra. Portanto, futuros trabalhos utilizando modelos de equilíbrio geral para analisar o crescimento da demanda mundial de alimentos e o uso da terra no Brasil deve ser explorado.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, Ricardo. Alimentos versus população: está ressurgindo o fantasma malthusiano? **Ciência e Cultura**, v. 62, n. 4, p. 38-42, 2010.

ALBERGONI, L.; PELAEZ, V.; Da revolução verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia** 33(1), 2007.

ALMEIDA, Eduardo Simões de; PEROBELLI, Fernando Salgueiro; FERREIRA, Pedro Guilherme Costa. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, p. 31-52, 2008.

ALVIM, M. I. S. A. **Competitividade da produção de soja nos sistemas de plantio direto e plantio convencional em Mato Grosso do Sul**. 2003. 148p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista brasileira de ciência do solo**, 25:189- 197, 2001.

ANDREOTTI, Marcelo et al. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ARAÚJO, J.; **Padrões tecnológicos e transformação no setor leiteiro: uma abordagem schumpeteriana**. São Paulo, Tese (Doutorado)– FEA/USP. p. 125, 2015.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 1998.

BABOLIM, RCG et al. Plantio cruzado em cultivar de soja de tipo de crescimento determinado. In: **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA ACADÊMICA DA

EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. Resumos expandidos...
Londrina: Embrapa Soja, 2013., 2013.

BANK, T. W. Gdp per capita (current US\$). Working for a World Free of Poverty. **Databank** , 2015.

BARROS, Ricardo Paes de; HENRIQUES, Ricardo; MENDONÇA, Rosane. **A estabilidade inaceitável: desigualdade e pobreza no Brasil.** 2001.

BATTISTI, D.; ROSAMUND, Naylor. *Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat.* **Science**, 9 Vol. 323:240-244, 2009.

BEHRMAN, J. R.; DEOLALIKAR, A. B. Will developing country nutrition improve with income? a case study for rural south Índia. **The Journal of Political Economy**, pp. 492–507, 1987.

BODSTEIN, AIRTON; DE LIMA, VALÉRIA VANDA AZEVEDO; DE BARROS, ANGELA MARIA ABREU. A Vulnerabilidade do Idoso em Situações de Desastres: Necessidade de uma Política de Resiliência Eficaz. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 157-174, 2014.

BRANDÃO, Antonio Salazar Pessoa; REZENDE, Gervásio Castro de; MARQUES, Roberta Wanderley da Costa. Crescimento agrícola no Brasil no período 1999-2004: explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente. **Repositório IPEA**, 2005b.

BRANDÃO, Antonio Salazar Pessoa; REZENDE, Gervásio Castro de; MARQUES, Roberta Wanderley da Costa. Crescimento agrícola no período 1999/2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 2, p. 249-266, 2006.

BRANDÃO, Antonio Salazar Pessoa; REZENDE, Gervásio Castro de; MARQUES, Roberta Wanderley da Costa. Crescimento agrícola no período 1999/2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu

impacto sobre o meio ambiente. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 2, p. 249-266, 2006.

BRASIL. Senado Federal. Subsecretaria de Edições Técnicas. Protocolo de Quioto e legislação correlata. Brasília: **Subsecretaria de Edições Técnicas do Senado Federal**. v. 3 (Coleção Ambiental). 88 p, 2004.

BRASIL; **Ministério da agricultura**. Home. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/>> último acesso, mar. 2015.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Problemas da agricultura brasileira e suas causas. **Journal of Inter-American Studies**, 6 (1), janeiro 1964: p.43-55.

BUAINAIN, Antônio Márcio et al. Agricultura familiar e o novo mundo rural. **Sociologias**, v. 5, n. 10, 2003.

BULMER-THOMAS, V. *Input-Output Analysis in Developing Countries*: Source, Methods and Applications. New York: Wiley, 1982.

BUNGENSTAB, D. J.; Mudanças do uso da terra como oportunidade. **Revista Opiniões**, A introdução da lavoura-pecuária-floresta. ISSN: 2177-6504, 2015.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da (Coord.). Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: **Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa**, 1993. p. 1-56.

CARVALHO, Otamar de. A economia política do Nordeste: secas, irrigação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: **Campus**, 1988.

CARVALHO, T.B.; FURLANETTO, L. E. Z. S. E. R. G. Potencial da produtividade e rentabilidade da pecuária de corte no mato grosso.

Congresso, nº 48, Sober, 25 a 28 de jul. 2010. Campo Grande –MS, 2010.

CARVALHO. T. S.; DOMINGUES.E.P.; Impactos econômicos e de uso do solo de uma política de controle de desmatamento na Amazônia Legal brasileira. **42º Encontro nacional de economia- ANPEC**. Natal (RN), 9-12 dez, 2014.

CARVALHO.T.B.; FURLANETTO.L.V.; ZEN.S.; RIBEIRO.G.G. Potencial da produtividade e rentabilidade da pecuária de corte no Mato Grosso. **Congresso**, nº 48, Sober, 25 a 28 de jul. 2010. Campo Grande – MS.

CEPII; The world economy in 2050: a tentative picture, **CEPII Working paper** 2010-27, 2010.

CIRILO, J. A., MONTENEGRO, S. M.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. **A questão da água no Semiárido Brasileiro**. pp. 80–91, 2009.

COMMENT, Atualização Current. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-4, 2002.

CONCEIÇÃO, P. H. Z. da; ARAÚJO, P. F. C. de. Análise da produtividade e mudança técnica na agricultura brasileira. **Anais do Congresso da SOBER, Cuiabá, XLII**, 1998.

CONCEIÇÃO, PHZ. **Análise da produtividade e mudança técnica na agricultura brasileira**: período de 1955/1994. 1998. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Economia Aplicada)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz–USP, Piracicaba, 1998.

CORDELL, D. et al. *Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options*. **Chemosphere**, v. 84, n. 6, p. 747-758, 2011.

CORDELL, Dana; DRANGERT, Jan-Olof; WHITE, Stuart. *The story of phosphorus: global food security and food for thought*. **Global environmental change**, v. 19, n. 2, p. 292-305, 2009.

CRISÓSTOMO, L. A. et al. Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Circular Técnica, 2003.

DA SILVEIRA, Fernando Gaiger; DE ALMEIDA, Maria Elena Knüppeln. Fome, produção alimentar e distribuição de renda. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 19, n. 4, p. 151-166, 1992.

DA SILVEIRA, Fernando Gaiger; DE ALMEIDA, Maria Elena Knüppeln. Fome, produção alimentar e distribuição de renda. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 19, n. 4, p. 151-166, 1992.

DAUBERMANN, E. C., CHAGAS, L. S., GURGEL, A. C.; SAKURAI, S. N. Expansão da área agrícola e produtividade das culturas no Brasil: testando hipóteses da legislação californiana de biocombustíveis. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 52(1), 81–98, 2014.

DE CASTRO, Josué. **Geografia da fome**. Casa do Estudante do Brasil, 1952.

DE LIMA FILHO, Rafael Ribeiro; AGUIAR, Gustavo Adolpho Maranhão; JUNIOR, Alcides de Moura Torres. Mapitoba-A última fronteira agrícola. **AgroANALYSIS**, v. 33, n. 05, p. 15-16, 2013.

DE MORAES, Gustavo Inácio. **Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável**. 2010. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

DEAGRO. **Departamento do agronegócio**. Disponível em <<http://www.fiesp.com.br/sobre-afiesp/departamentos/agronegocio-deagro/>> acesso nov, 2014.

DIAS FILHO, Moacyr Bernardino. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011.

DIECKOWIV, Adelino PelissariII Jeferson. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, 2009.

DINIZ, Eliezer Martins (editor). Mudança Climática – Rumo a um novo acordo mundial. In: **III Conferência Regional Sobre Mudanças Globais: América do Sul**, 04 a 08 nov. 2007. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados / Universidade de São Paulo, 2008.

DO VALLE, Cacilda Borges; JANK, Liana; RESENDE, Rosângela Maria Simeão. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2015.

DOSI, G. Paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas: a interpretação sugerida dos determinantes e direções de mudança técnica. **A política de investigação**, 11(3), 147–162, 1982.

DOYAL, Len; GoUGH, Lan. *A theory of human need*. London: Macmillan, 1991.

EHRlich, Paul.; *The Population Bomb*. New York: Ballantine Books, 1968.

EMBRAPA: Cultura do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar. **Algodão Sistemas de Produção**, 1. ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica Jan/2003.

EMBRAPA; Embrapa monitoramento por satélite. **Resumo**. Disponível em<<http://www.alcance.cnpem.embrapa.br>> último acesso. dez, 2014.

EMBRAPA; **Soja em números (safra 2013/2014)**. home. EmBRAPA, Disponível em<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> último acesso, ago.2015.

FAGERIA, N. K.; SOARES, Filho, N.; GHEYI, H. R. Melhoria genética vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. Manejo da salinidade na agricultura: estudo básico e aplicado. Fortaleza: **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade**, pp. 212–225, 2010.

FALCON, Walter P.; NAYLOR, Rosamond L.; *Rethinking food security for the twenty-first century*. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 87, n. 5, p. 1113-1127, 2005.

FAO; *Fao statistical yearbook 2013 world food and agriculture*. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome p. 307, 2013.

FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations. Permanent meadows and pastures. **FAOSTAT**, Trade – Crops and livestock products, 2015.

FAO; *How to feed the world in 2050*. High level expert forum. **Convened at FAO Headquarters in Rome on 12-13 October**, 2009.

FAO; *The state of food insecurity in the world 2014*. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Home, Disponível em <<http://www.fao.org/publications/sofi/en/>> Acesso jul, 2015.

FERRARI .R.A.; SCABIO. V.S.O.A.; Biodiesel de soja- Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-químico e consumo em gerador de energia. **Revista, Quim. Nova**, vol.28, nº 1, p.19-23, 2005.

FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza; MORAES, Gustavo Inácio de. Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 01, p. 37-56, 2015.

FERREIRA-FILHO, Joaquim; HORRIDGE, Mark. Endogenous land use and supply, and food security in Brazil. Victoria University, **Centre of Policy Studies/IMPACT Centre**, 2012.

FIESP; Projeções para o agronegócio brasileiro. **Federação das Indústrias de São Paulo**. Outlook FIESP, 2014.

FONSECA, Daniel Almeida; OREIRO, José Luís. Convergência e divergência nos níveis de renda per capita: uma crítica à aplicabilidade dos modelos neoclássicos de crescimento econômico. **Revista de Economia**, v. 30, n. 2, 2004.

FONTANELI, Renato Serena et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2129-2137, 2000.

FONTANELI, Renato Serena; JACQUES, Aino Victor Avila. Melhoramento de pastagem nativa com introdução de espécies temperadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 10, p. 1787-1793, 1991.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. D. M.; SILVA, K.; NOGUEIRA, M.; RODRIGUES, E. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil, **IV Reunião de Biofortificação**, Teresina- Piauí, 2011.

GAO, G. World food demand. **American Journal of Agricultural Economics**, 94(1), 25–51, 2012.

GASQUES, José Garcia; BASTOS, Eliana Teles; BACCHI, Mirian R. Piedade. Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. **Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil**. Brasília: Ipea, 2008.

GASQUES, José Garcia; VILLA VERDE, Carlos M. Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta. **EMBRAPA**, 1990.

GASQUES, José Garcia; VILLA VERDE, Carlos Monteiro; BASTOS, Eliana Teles. **Gastos públicos em agricultura: retrospectiva e prioridades**. Textos para discussão IPEA, 2006.

GATIBONI, Luciano Colpo et al. Influência da adubação fosfatada e da introdução de espécies forrageiras de inverno na oferta de forragem de pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1663-1668, 2000.

GODFRAY, H. Charles J. et al. *Food security: the challenge of feeding 9 billion people*. Science, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

GOODMAN, D.; REDCLIF; *Refashioning nature: food, ecology and culture*. **Routledge**, 1991.

GREGORY, Peter J.; INGRAM, John SI; BRKLACICH, Michael. Climate change and food security. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 360, n. 1463, p. 2139-2148, 2005.

GUANZIROLI.C.E.; PRONAF dez anos depois: resultados e perspectivas para o desenvolvimento rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, SOBER, Rio de Janeiro, vol 45,nº02,p.301-328,abr/jun 2007- Impressa em abril de 2007.

GUILHOTO, J.J.M.. **Análise de Insumo-Produto**: Teoria e Fundamentos. FEA, Universidade de São Paulo-USP, mar 2004.

GUILHOTO, J.J.M.; U.A. SESSO FILHO. Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, Out/Dez, 2010.

HARDIN, Garrett. *Living on a Lifeboat*. **Bioscience**, October, pp. 561-568, 1974.

HARDIN, Garrett. *Living within Limits*. London: Oxford University Press, 1993.

HARDIN, Garrett. *The tragedy of the commons*. **Science**, v.162, nº 3859, pp.1243-1248, 1968.

HEINZE, BCLB. **Importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da Região Nordeste do Brasil**. Monografia apresentada ao curso MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada da ECOBUSINESS SCHOOL/FGV. Brasília, 2002.

HELFAND, Steven; MAGALHÃES, Marcelo; RADA, Nicholas E. *Brazil's Agricultural Total Factor Productivity Growth by Farm Size*. **Agricultural & Applied Economics Association's 2015 AAEA & WAEA Joint Annual Meeting**, San Francisco, CA, July 26-28, 2015.

HELOÍSA et al.; Anuário brasileiro da pecuária 2013 - Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2013. 128 p. : il.ISSN 1808-5172.

HOLDEN, C.; *Ehrlich versus Commoner: an environmental fallout*. **Science**, 177(4045):245-47, 1972.

HOTT, M. C.; CRISCUOLO, C.; VALLADARES, G. S. Geração de mapa de declividades para o Estado do Maranhão como base para Zoneamento Ecológico-Econômico. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006. Aracaju. **Anais Eletrônicos...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 5 p. Disponível em:<<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/>>. Acesso em: 6 dez. 2006.

HOTT, M. C.; FURTADO, A. L. S.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas no município de Campinas-SP. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., 2007,

Florianópolis. Anais ... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 3381-3388.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. Brasil em Relevo : processamento de modelos digitais de elevação oriundos da Missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Campinas: **Embrapa Monitoramento por Satélite**, dez. 2006. 5 p. (Comunicado Técnico, 21).

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. de. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais ...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3061-3068. 1 CD-ROM.

IBGE; Censos agropecuários 1970, 1980, 1985, 1995 e 2006. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em< <http://www.ibge.gov.br> > último acesso, jul. 2015.

IBGEa; Contas Nacionais Trimestrais. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em< <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/defaultcnt.shtm> > último acesso, jul. 2015.

IBGEb. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2015.

IBGEc. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA- Produção da Extração Vegetal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2015.

IBGEf. Banco de Dados Agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA- Pesquisa Pecuária Municipal. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2015.

IFPRI, Climate change. *Impacts agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report*. Washington. **IFPRI**, 2009. Disponível em < <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-impact-agriculture-and-costs-adaptation>.>Última consulta, 25/07/2015.

ISTITUTE, W. Additional losses and abandonment of agricultural land are caused by water logging, salinization, urbanization and others processes as discussed later in the text. *The World Resources Institute*, Oxford University Press, New York, 1964.

KAGEYAMA, Angela. Produtividade e renda na agricultura familiar: efeitos do PRONAF-crédito. **Agricultura em São Paulo**, v. 50, n. 2, p. 1-13, 2003.

KEYNES, John Maynard. **A teoria geral do emprego, do juro e da moeda**. São Paulo: Atlas, 1982.

KHUSH, Gurdev S. Green revolution: the way forward. **Nature Reviews Genetics**, v. 2, n. 10, p. 815-822, 2001.

LAL, Rattan. *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. **Science**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

LAL. R.; STEWART. B.A. (eds).; **Soil erosion and land degradation: The global risks**. in: *Advances in soil science*. Springer-Verlag, New York.1990.

LAHR, Michael; DE MESNARD, Louis. Biproportional techniques in input-output analysis: table updating and structural analysis. **Economic Systems Research**, v. 16, n. 2, p. 115-134, 2004.

LEITE, T. S.; PIETRAFFESA, J. P. Situação da (in)segurança alimentar no Brasil. **Revista da Proec**: Tema Fome Made In Brazil. Publicação semestral da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFG. Ano V, Revista da UFG, Vol. 5, No. 1, abr. 2003 on line. Disponível em: <www.proec.ufg.br>. Acesso: 31 de ago. de 2012.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, Raquel Scalia Alves; CHRISTOFIDIS, Demetrios. O uso da irrigação no Brasil. **O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica**. CD-ROM, 1999.

LOBELL, David B. et al. *Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030*. **Science**, v. 319, n. 5863, p. 607-610, 2008.

LOPES, Igeuz Guatimosim Vidigal; DE REZENDE LOPES, Mauro; BARCELOS, Fábio Campos. Da substituição de importação à agricultura moderna. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 61, n. 11, p. 56-66, 2007.

LOSAN: **Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional**. Disponível em <<http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar>>último acesso 09/2015.

LUZ, MJS. Expansão da fronteira agrícola versus recurso terra. **Embrapa Algodão**. Documentos, 2006.

MALTHUS, T.R.; *An essay on the principle of population*. First published 1992, Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge, 1798.

MALUF, Renato S.; MENEZES, Francisco; VALENTE, Flávio L. Contribuição ao tema da segurança alimentar no Brasil. **Revista Cadernos de Debate**, v. 4, p. 66-88, 1996.

MANKIW, Romer; ROMER, David. Weill.; A contribution to the empirics of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, 1992.

MANYIKA, James; REMES, Jaana; WOETZEL, Jonathan. A productivity perspective on the future of growth. **McKinsey Quarterly**, 2014.

MAPA; Projeções do Agronegócio Brasil 2011-2012 a 2020-2022. Projeções de Longo Prazo. **Ministério da Agricultura e Abastecimento**, Brasília. DF, 2012.

MAPA; Projeções do agronegócio- Brasil 2013/2014 a 2023/24. Projeções de Longo Prazo. **Ministério da Agricultura e Abastecimento**, Brasília. DF, 2014.

MARSHALL, A. Princípios de economia. São Paulo: Abril Cultural, 1982. Cap. 8-12. v. 1. **Os Economistas**, 1982.

Marshall, A. **Principles of economics**. Macmillan and Co. New York. (1), 1890.

MARTINS, L. E. D. T.; LEITE, N. R. P. Urbanização, *accountability* e inclusão social em perspectiva comparada: Brasil x China. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies** 5(1), 63–95, 2013.

MARX, Karl. **A assim chamada acumulação primitiva**. In:-. O capital. São Paulo: Abril Cultural, 1984. V.1, Tomo 2. (Os economistas).

McCORMICK, John; **Rumo ao paraíso**: a história do movimento ambientalista. Rio de Janeiro: Ed. Relume-Dumará, 1992.

McKinsey & Company. **Resource Revolution**: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs. Nov, 2011.

MEADOWS, Donella; MEADOWS, Dennis; RANDERS, Jorgen.; **Beyond the limits**: confronting global collapse, envisioning a sustainable future. Post Mills, Vt: Chelsea Green, 1992.

MIELNICZUK, João et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **CURI, N.; MARQUES, JJ; GUILHERME, LRG; LIMA, JM**, p. 209-248, 2003.

MILLENNIUM, Ecosystem Assessment. “Avaliação Ecológica do Milênio”. **Vivendo além dos nossos meios**. O capital natural e o bem-estar humano. Disponível em < <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.442.aspx.pdf>>, última consulta 25/07/2015.

MILLER, E.R; BLAIR, P.D. *Imput-output analysis: foundations and extensions*. Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 2a ed., 2010.

MILLER, Ronald; BLAIR, P. IO analysis: foundations and extensions. **New Jersey**, 1985.

MIRANDA, E. E de. Terras do Brasil: o alcance da legislação ambiental e territorial. **Revista ECO-21**. Rio de Janeiro, RJ, 01 nov. 2008b, p. 09.

MIRANDA, E. E de; OSHIRO, O. T.; VICTORIA, D. de C.; TORRESAN, F. E.; CARVALHO, C. A. de. O alcance da legislação ambiental e territorial. **Revista Agroanalysis**. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, p. 25 - 31, dez. 2008.

MIRANDA, E.F.; Agricultura: 1994/2002- Crescimento e modernização. Panorama Macroeconômico Brasileiro. **Ministério da Fazenda Secretaria de Política Econômica**, Agosto, 2002.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão: situação atual e perspectivas. **Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade. Piracicaba**, p. 89-98, 2003.

MOREIRA, Roberto José. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura**, 2013.

MULLER, C. C. & MARTINE, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil: a década de 1980. **Revista de Economia Política**, São Paulo 17(3), 67, 1997.

MURAKAMI, Edson. **Uma infra-estrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, Rafaela Soares; CARVALHO, Nathália Leal. Integração lavoura-pecuária. **Revista Monografias Ambientais**, v. 4, n. 4, p. 828-847, 2011.

NETO, José Paulo. Cinco notas a proposito da “Questão Social”. **Temporalis**, Brasília, v.2, n.3, 2001.

NICHOLLS, William H. A fronteira agrícola na história recente do Brasil: o Estado do Paraná, 1920-65. **Revista Brasileira de Economia**, v. 24, n. 4, p. 33-63, 1970.

O’RIORDAN, Thimoty.; Environmental ideologies. **Environment and Planning A**, v.9, pp.3-14, 1977.

OLIVEIRA.C.G.K. **Produtividade de arroz híbrido em função da contaminação genética e densidade de semeadura**. Dissertação. Universidade Federal de Pelotas Faculdade de agronomia “Eliseu Maciel”. Pelotas, Rio Grande do Sul- Brasil, 2010.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. Publicações da OMS. Disponível em <<http://www.who.int/eportuguese/publications/pt/>> acesso 16/09/2015.

ONU: The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). *The United Nations*, Paris, UNESCO, 2015b.

ONU; *United nations, department of economic and social affairs The United Nations*, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012.

ONU; World urbanization prospects: The 2014 revision. *The United Nations*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

PEREIRA, Camila Potyara. A pobreza, suas causas e interpretações: destaque ao caso brasileiro. **Revista SER Social**, n. 18, p. 229-252, 2010.

PEREIRA, L. C. B. Problemas da agricultura brasileira e suas causas. **Journal of Inter-American Studies**, pp. 43–55, 1964.

PEROBELLI, Fernando Salgueiro et al. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991–2003): uma análise espacial. **Nova Economia**, v. 17, n. 1, p. 65-91, 2007.

PIMENTEL, David et al. *Land degradation: effects on food and energy resources*. **Science**, v. 194, n. 4261, p. 149-155, 1976.

PIMENTEL, David et al. *Land degradation: effects on food and energy resources*. **Science**, v. 194, n. 4261, p. 149-155, 1976.

PROCÓPIO, S. de O. et al. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em periódico indexado** (ALICE), 2014.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

RIO, A. et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela soja em dois arranjos de plantas. In: **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso** (ALICE). In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2013., 2013.

ROCHA.C.T.D.; CHRISTOFIDIS.D.; Vantagens da opção pela agricultura irrigada. **Revista de política agrícola**. Impresso. Ano XXIV- nº 2, p. 17-25– Abr./Maio/Jun. 2015.

ROMER, D. **Advanced Macroeconomics**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2001.

ROMER, Paul. **Endogenous technological change**. National Bureau of Economic Research, 1989.

SALVO, Gabriele et al. *Estimating the human appropriation of land in Brazil by means of an Input–Output Economic Model and Ecological Footprint analysis*. **Ecological Indicators**, v. 53, p. 78-94, 2015.

SANTANA, A.C.; SANTOS. M.A.S.; SANTANA.A.L.; YARED. J.A.G.; O valor econômico da extração manejada de madeira no baixo amazonas, estado do Pará. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 527-536, 2012.

SANTOS, Cleiton et al.,; **Anuário brasileiro da silvicultura 2012** – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 88 p. : il. ISSN 1808-222X .

SAYWER, Donald R. Fluxo e refluxo da fronteira agrícola no Brasil: ensaio de interpretação estrutural e espacial. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 1, n. 1/2, p. 3-34, 2013.

SCHMIDHUBER, Josef; TUBIELLO, Francesco N. *Global food security under climate change*. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 104, n. 50, p. 19703-19708, 2007.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Abril Cultural. **Série Os Economistas**. p. 196, 1982.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

SHIRATSUCHI, L. S.; CHRISTOFFOLETI, P. J. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com a utilização de ferramentas de agricultura de precisão. 2001. 96 f.** 2001. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura" Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SILVA, R. F. da; CORASSA, G. M. ; BERTOLLO, G. M. ; SANTI, A. L. ; STEFFEN, R. B. . Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e

consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa agropecuária tropical**, 43: 130-137,2013.

SINGER, Peter. **Ética Prática**. São Paulo; Martins Fontes, 3ª Ed, 2002.

SNIF. **Sistema Nacional de Informação Florestal**. Brasília, 2015. disponível em< <http://www.florestal.gov.br/>> acesso ago.2015.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**, 70, 1 (Feb), p. 65-94, 1956.

SONGINJU. Artigos: a industrialização da agricultura e da Coreia do "revolução pecuária". **Comunidade rural** (revista coreana, traduzido), v. 23, n. 1, p. 143-192, 2013.

SPENSE, Michael.; The flow of value: An interview with Michael Spence. **McKinsey&Company**, Abril, 2014.

STABILE, Marcelo CC; BALASTREIRE, Luiz A. Comparação de três receptores GPS para uso em agricultura de precisão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 215-223, 2006.

SUASSUNA, J. Semi-Árido: proposta de convivência com a seca. **Fundação Joaquin Nabuco** - Desenvolvimento com educação, 2014.

SUBRAMANIAN, S.; DEATON, A. The demand for food and calories. **Journal of political economy** pp. 133–162. 1996.

TOLLENAAR, M.; MCCULLOUGH, D.; DWYER, L.; SLAFER, G. et al.; *Physiological basis of the genetic improvement of corn*. **Genetic improvement of field crops**. pp. 183–236.2014.

TORRES JR., A. DE M.; ROSA, F. R. T.; NOGUEIRA, M. P. Mais boi em menos pasto. **Agroanalysis**, agosto de 2004.

TSCHIEDEL, Mauro; FERREIRA, Mauro Fernando. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.

UNRIC; Relatório da ONU mostra população mundial cada vez mais urbanizadas ao que se podem juntar 2,5 mil milhões em 2050. **Centro Regional de Informação das Nações Unidas**. 2015.

VEIGA, JB da; TOURRAND, J. F.; QUANZ, D. A pecuária na fronteira agrícola da Amazônia: o caso do município de Uruará, PA, na região da Transamazônica. Belém: **Embrapa-CPATU**, 1996.

VICENTE, J. R. Mudança tecnológica, eficiência, produtividade total de fatores na agricultura brasileira, 1970-95. *Economia Aplicada*, v. 8, n. 4, p. 729–760, 2004.

VICENTE, José R.; ANEFALOS, Lilian C.; CASER, Denise V. Produtividade agrícola no Brasil, 1970-1995. **Agricultura em São Paulo**. São Paulo, v. 48, n. 2, p. 33-55, 2001.

VICTORIA, D. de C.; HOTT, M. C.; MIRANDA, E. E. de.; OSHIRO, O. T. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro para o Território Brasileiro. **Revista Geográfica Acadêmica**. Edição Especial SRTM - Conceitos e Aplicações. Vol. 2, No 2 (2008). P. 66-72

VILELA, Lourival.; PULROLNIK. K.; Segurança alimentar e a sustentabilidade. **Revista Opiniões**, A introdução da lavoura-pecuária-floresta. ISSN: 2177-6504, 2015.

WORLD FOOD SUMMIT. *Rome Declaration on World Food Security*. Roma, 1996.

XAVIER, Deise Ferreira et al. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003.

ZHOU, Z.-Y., LIU, H.; CAO, L. **Food Consumption in China: The Revolution Continues**, Edward Elgar Publishing, 2014.

APÊNDICES

Apêndice A: Produtividade dos estabelecimentos agropecuários Brasil e Macro Regiões para o ano de 2006, em toneladas por hectare

Grande Região	Produtos	Média	Maior de 0 a menos de 5 ha	De 5 a menos de 20 ha	De 20 a menos de 100 ha	De 100 a menos de 500 ha	mais de 500 ha
Norte	Feijão	0,53	0,61	0,76	0,68	0,40	0,21
	Soja	2,58	2,23	2,69	2,63	2,59	2,57
	Algodão herbáceo	2,81	0,63	-	-	-	-
	Arroz	1,99	1,30	2,12	1,90	1,76	3,63
	Cana-de-açúcar	54,10	7,64	15,52	36,17	3,45	66,95
	Fumo	0,79	0,77	0,53	-	-	-
	Mandioca	7,11	5,70	10,02	7,79	6,13	8,11
	Milho	2,40	1,33	2,47	3,19	3,12	3,27
	Trigo	-	-	-	-	-	-
	Café	0,65	0,75	0,55	0,56	0,30	-
	Banana	7,89	8,24	6,71	6,20	-	-
	Coco-da-baía	11,87	8,84	7,07	6,80	14,89	-
	Dendê	11,50	16,35	8,81	2,39	8,33	13,7
	Laranja	14,00	13,16	10,84	11,65	-	-
Leite*	1,04	0,95	1,01	1,05	1,10	1,01	
Silvicultura**	28,70	4848,2	319,8	77,12	40,82	9,56	
Nordeste	Feijão	0,53	0,30	0,62	0,72	0,64	0,65
	Soja	2,61	0,85	1,57	2,27	2,49	2,62
	Algodão herbáceo	2,92	0,48	0,74	1,30	2,39	3,16
	Arroz	2,25	1,48	2,62	2,69	2,40	2,57
	Cana-de-açúcar	54,87	29,60	35,11	41,16	50,37	59,9
	Fumo	1,17	0,86	1,28	1,37	1,11	1,38
	Mandioca	4,95	4,08	5,21	5,27	5,82	7,57
	Milho	1,75	0,89	1,74	2,28	2,38	3,61
	Trigo	1,21	1,43	2,00	-	-	-
	Café	1,39	1,01	0,94	1,28	2,19	1,81
	Banana	17,83	17,87	16,76	20,12	19,74	-

	Coco-da-baía	12,58	11,42	9,27	24,62	8,37	2,18
	Dendê	8,58	13,99	5,09	3,67	2,76	-
	Laranja	16,79	18,60	20,03	10,50	16,92	-
	Leite*	1,13	1,00	1,05	1,12	1,28	1,38
	Silvicultura**	40,53	6169	430,8	109,8	31,62	18,0
Sudeste	Feijão	1,30	0,45	1,26	1,69	1,86	1,90
	Soja	2,61	2,33	2,62	2,65	2,63	2,59
	Algodão herbáceo	2,71	0,67	1,36	2,07	2,46	3,36
	Arroz	2,90	1,44	2,85	3,33	2,73	6,79
	Cana-de-açúcar	76,61	25,61	57,29	70,48	74,95	79,6
	Fumo	0,65	0,49	0,42	1,00	-	-
	Mandioca	10,45	5,44	11,73	13,89	13,92	14,0
	Milho	4,62	1,96	3,80	4,95	5,35	5,44
	Trigo	2,74	1,96	1,96	2,63	2,88	2,46
	Café	1,48	1,55	1,33	1,48	1,63	1,71
	Banana	13,65	9,42	13,16	17,81	15,20	-
	Coco-da-baía	7,90	8,24	7,82	8,72	5,34	-
	Dendê	8,60	37,33	-	-	-	-
	Laranja	21,18	19,21	18,08	19,29	22,12	23,2
	Leite*	1,74	1,41	1,58	1,76	1,91	2,14
	Silvicultura**	39,68	413,9	124,6	78,97	42,00	33,6
Sul	Feijão	1,22	0,94	1,39	1,46	1,36	0,62
	Soja	2,40	2,03	2,20	2,38	2,57	2,29
	Algodão herbáceo	1,70	1,29	1,51	1,87	1,89	-
	Arroz	6,37	3,83	6,04	5,88	6,37	6,90
	Cana-de-açúcar	78,94	21,12	61,25	76,13	109,9	80,2
	Fumo	2,03	1,89	1,88	2,36	2,43	-
	Mandioca	11,06	8,29	11,98	13,27	16,35	14,9
	Milho	4,41	2,87	3,75	4,96	5,22	5,31
	Trigo	1,68	1,58	1,50	1,59	1,78	1,79
	Café	1,91	2,25	1,88	1,70	1,06	-
	Banana	22,94	18,40	24,12	28,83	6,59	-
	Coco-da-baía	5,71	6,21	-	-	-	-
	Dendê	-	-	-	-	-	-
	Laranja	17,63	15,58	19,31	20,24	16,52	-
	Leite*	2,33	2,29	2,44	2,28	1,88	1,63
	Silvicultura	28,86	133,8	52,77	39,15	33,16	20,52

		**					
Centro-Oeste	Feijão	1,76	0,59	1,16	1,72	1,87	1,95
	Soja	2,75	2,98	2,42	2,77	2,69	2,76
	Algodão herbáceo	2,93	1,41	1,89	2,61	2,46	2,96
	Arroz	2,49	1,28	2,39	2,64	2,74	2,50
	Cana-de-açúcar	70,98	20,27	32,87	60,85	71,94	72,0
	Fumo	0,92	0,70	1,52	-	-	-
	Mandioca	9,85	6,42	11,91	11,46	13,34	12,3
	Milho	3,92	1,79	2,87	3,86	4,04	3,99
	Trigo	2,03	1,14	1,58	2,27	1,87	2,31
	Café	1,27	1,17	0,66	1,55	1,44	-
	Banana	8,45	6,52	7,93	11,85	-	-
	Coco-da-baía	8,32	9,28	6,28	9,76	-	-
	Dendê	-	-	-	-	-	-
	Laranja	13,61	11,54	11,45	12,25	15,21	-
	Leite*	1,46	1,45	1,45	1,49	1,50	1,34
	Silvicultura	26,70	832,1	113,8	119,7	30,34	20,6
		**					

Fonte: Dados brutos censo agropecuário 2006, tabela elaboração própria.

* Mil Litros de leite por cabeça de vacas ordenhadas no ano

** razão entre quantidade colhida (metros cúbicos) de lenha e madeira pela área de florestas plantadas