



*Zonamento
Produtividade*



FERNANDA OLIVEIRA ULTREMARE

CEDOC - IE - UNICAMP

O CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE E O ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCOS CLIMÁTICOS

Trabalho de monografia
apresentado ao Curso
de Graduação em
Economia da
Universidade Estadual
de Campinas

Orientador: Prof. Dr.
Antonio Márcio Buainain

CEDOC - IE - UNICAMP

Campinas

2009

Autor: Fernanda Oliveira Ultremare

Título: O Crescimento da Produtividade e o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos

Formaram parte da Banca:

Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira
Instituto de Economia – UNICAMP

Prof. Dr. Antonio Márcio Buainain (Orientador)
Instituto de Economia - UNICAMP

Campinas, 26 de junho de 2009

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que colaboraram com a pesquisa e apoiaram o trabalho, em especial aos professores Antônio Márcio Buainain, José Dari Krein e Eduardo Delgado Assad, além de minha família.

Resumo

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos tem contribuído, desde a última metade dos anos 1990, para o crescimento da produtividade na agricultura brasileira, bem como para a redução de sinistros por eventos climáticos adversos. Baseia-se em informações de solos, de clima e de plantas e exige a estimativa do risco para cada município brasileiro. Faz parte do processo de modernização da agricultura através da pesquisa, em que se verifica, pelo cálculo da produtividade total dos fatores, que o crescimento da produção na lavoura tem ocorrido muito mais pelo aumento da produtividade que por expansão agrícola. O objetivo deste trabalho é apresentar os testes efetuados a fim de confrontar a aceleração da produtividade com o período de início do zoneamento. Foram utilizados os testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Pettitt com nível de significância de 5% e 10% para as culturas do milho e da soja nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, entre os anos de 1980 e 2007. Constatou-se ruptura na série de produtividade coincidente com o início do programa de zoneamento.

PALAVRAS-CHAVE: zoneamento; produtividade; Mann-Kendall; Pettitt.

Abstract

Agricultural Climate Risks Zoning has contributed to growth in productivity in Brazilian agriculture and to reduction in requests to cover agricultural losses, since the last half of 1990. It is based on the information of soils, climate and plants and requires risks estimates for each region in Brazil. It is part of the modernization process of agriculture leaded by research. By calculating the total productivity of factors, you can verify that the growth in crop production has been much more an outcome of increasing productivity than the result of agricultural expansion. The objective of this paper is to present the tests performed to compare the period of acceleration in productivity with the zoning beginning. Non-parametric statistical tests of Mann-Kendall and Pettitt were used with a significance level of 5% and 10% for crops of corn and soybean in the states of São Paulo, Minas Gerais and Paraná, between the years of 1980 and 2007. It showed that the rupture in trend productivity coincides with the beginning of the zoning program.

KEY-WORDS: zoning; productivity; Mann-Kendall; Pettitt.

Sumário

INTRODUÇÃO.....	7
CAPÍTULO 1: APRESENTAÇÃO DO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCOS CLIMÁTICOS E DE SUAS BASES	9
1.1. SURGIMENTO E CARACTERÍSTICAS.....	9
1.2. ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCOS CLIMÁTICOS - METODOLOGIA	10
CAPÍTULO 2. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO E DA PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA BRASILEIRA	14
2.1. INTRODUÇÃO.....	14
2.2. A INDUSTRIALIZAÇÃO COMO EIXO PROPULSOR DA MODERNIZAÇÃO	15
2.3. INSTRUMENTOS DA MODERNIZAÇÃO	17
2.4. EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO, DA ÁREA PLANTADA E DA PRODUTIVIDADE.....	21
2.5. PRINCIPAIS FONTES DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE NA LAVOURA	31
CAPÍTULO 3: ANÁLISE DE TENDÊNCIA TEMPORAL	39
3.1. MÉTODOS UTILIZADOS NA ANÁLISE TEMPORAL.....	39
3.1.1. <i>Teste de Mann-Kendall</i>	39
3.1.2. <i>Teste de Pettit</i>	41
CAPÍTULO 4. RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO	43
4.1. SÃO PAULO	43
4.1.1. <i>Milho</i>	43
4.1.2. <i>Soja</i>	46
4.2. MINAS GERAIS.....	48
4.2.1. <i>Milho</i>	48
4.2.2. <i>Soja</i>	50
4.3. PARANÁ	54
4.3.1. <i>Milho</i>	54
4.3.2. <i>Soja</i>	56
5. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	62

Introdução

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos é parte de um conjunto de pesquisas de apoio à agricultura incentivado pelo governo e funciona essencialmente nos setores de crédito e seguridade rural. Consiste na análise de séries históricas de dados meteorológicos e identificação, dada as condições de solos regionais, das áreas adequadas ao cultivo e dos melhores períodos de semeadura, dentro de níveis de risco pré-estabelecidos.

Este documento parte da hipótese de que com o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos, que tem forte papel indutor de tecnologia, houve queda dos riscos climáticos na lavoura brasileira, com conseqüente crescimento da produtividade no campo e retornos crescentes do capital investido.

O objetivo deste trabalho é apresentar os testes efetuados a fim de confrontar a aceleração da produtividade com o período de início do zoneamento.

No primeiro capítulo, é apresentada a metodologia do zoneamento, identificando quais os dados necessários e as etapas a serem seguidas para que as áreas aptas ao plantio, o tempo certo e a cultura correta sejam apontadas.

Em seguida, no segundo capítulo, é realizado um apanhado mais geral sobre a evolução da produção e da produtividade na agricultura brasileira, especialmente no que diz respeito à cultura de grãos. Procura-se mostrar que a industrialização foi o eixo condutor do processo de modernização no campo. A pressão da grande indústria e da crescente urbanização forçou o aumento da produtividade e a manutenção de baixos salários na lavoura.

Ainda neste capítulo, através do conceito de produtividade total dos fatores, são analisados os fatores que influenciaram o crescimento da produtividade no campo. A elevação da produtividade do trabalho, da terra e do capital pode ser

identificada como consequência de inúmeros fatores, como diversificação da agricultura, aumento no volume de crédito destinado às atividades no campo e, especialmente, expansão da pesquisa agrícola.

No terceiro capítulo descreve-se a metodologia utilizada para a análise da hipótese central do trabalho. A fim de confrontar a aceleração da produtividade com o período de início do zoneamento foram utilizados os testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Pettitt com nível de significância de 5% e 10%. Os testes foram realizados para os dados de produtividade das culturas do milho e da soja nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, entre os anos de 1980 e 2007.

O teste de Mann-Kendall permite identificar a existência de tendência significativa na série temporal, além do encontro do ponto de ruptura desta série. O teste de Pettitt, por sua vez, permite a localização do ponto em que houve a mudança brusca na média de uma série temporal, além de calcular o nível de significância estatística, sem se conhecer previamente o ponto no tempo onde ela ocorreu.

O quarto capítulo mostra os resultados dos testes de hipótese para cada cultura e cada estado, seguido dos gráficos de dispersão e de desvio da média para os dados relacionados.

Finalmente, é apresentada a conclusão do trabalho.

Capítulo 1: Apresentação do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos e de suas bases

1.1. Surgimento e Características

O Zoneamento Agrícola surgiu em 1996 como um instrumento de apoio à agricultura, essencialmente nos setores de crédito e de seguro agrícola, como suporte às tomadas de decisões do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO). Acionado quando os custos dos investimentos dos produtores rurais forem prejudicados por fenômenos climáticos adversos (ASSAD et al., 2008).

Os resultados do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos se apóiam na certeza de que os riscos do empreendimento agrícola podem ser minimizados se o plantio de culturas for feito em datas favoráveis. Além disso, os efeitos do clima na agricultura podem ser quantificados a partir da observação e análise de séries de dados de chuva e de temperatura disponíveis para o território brasileiro.

O projeto adiciona à política de crédito e seguro rural orientações sobre os melhores períodos de semeadura por município, cultura/cultivar e tipo de solo, utilizando como base a ocorrências de fatores climáticos desejáveis e as probabilidades de ocorrência de eventos adversos (seca, geadas, excesso de chuvas, etc).

Atualmente são financiadas somente as cultivares registradas no RNC (Registro Nacional de Cultivares do MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), eliminando o plantio de grãos como semente, melhorando a

seleção do material genético. Ainda, ao se adotar sistemas de produção em plantio direto há redução das alíquotas do prêmio pago ao PROAGRO.

O zoneamento é, portanto, capaz de fornecer orientações seguras aos produtores rurais, especialmente aos pequenos produtores, quanto à condução de suas lavouras, tendo proporcionado substancial redução do elevado percentual de perdas, anteriormente observados na agricultura brasileira.

Com o avanço da capacidade computacional das instituições de pesquisa brasileiras, o zoneamento é refeito à cada ano, incluindo novos dados climatológicos e permitindo que variações e novas tendências climáticas sejam incorporadas para a tomada de decisão do agricultor, indicando o que, onde e quando plantar.

Revisados e atualizados anualmente com a inclusão de culturas e cultivares novos, aumento da base de dados climáticos e uso técnicas de interpolação inovadoras, os calendários de plantio do zoneamento agrícola têm a capacidade de incorporar e adaptar previsões climáticas para a próxima safra. Este processo de revisão e atualização dos dados paramétricos do zoneamento permite o aumento da precisão de seus resultados, o que o torna cada vez mais útil aos órgãos de gestão agrícola e aos agricultores.

1.2. Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos - Metodologia

O zoneamento do risco climático consiste na análise de séries históricas de dados meteorológicos e identificação, dada as condições de solos regionais, das áreas adequadas ao cultivo e dos melhores períodos de semeadura para espécies de cultivo anual, dentro de níveis de risco pré-estabelecidos.

Para isso, deve ser realizado, em primeiro lugar, um levantamento dos dados estatísticos de produção para os municípios, procurando identificar os municípios que já possuem tradição no cultivo da espécie. Para se ter um diagnóstico preliminar do potencial da região é importante verificar: a área plantada e colhida; a variação da produção em relação à média nacional e estadual; e a produtividade.

Em segundo lugar, deve haver um levantamento dos resultados de pesquisa sobre produtividade de genótipos e épocas de semeadura das culturas. Posteriormente, organizam-se bancos de dados meteorológicos de toda a área em estudo. As principais variáveis são a temperatura máxima, a temperatura mínima e a precipitação. Entretanto, é desejável que se tenham dados de temperatura média compensada, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa, permitindo análises mais detalhadas do clima.

Em quarto lugar, há a formação das bases de solos e informações básicas de retenção de água no perfil ao nível de grandes grupos. As análises consideram a textura dos solos, dividindo-os em três classes de retenção de água, para fins de cálculo do balanço hídrico: solos de baixa capacidade de retenção de água (solo Tipo 1), média capacidade (solo Tipo 2) e solo de alta capacidade retenção de água (solo Tipo 3). Privilegia-se o plantio intensivo em solos com média e alta capacidade de retenção de água, o que reduz os riscos de perda por veranicos severos (> 10 dias) (ASSAD et al., 2008).

Finalmente, são obtidas as bases de altitude por satélite. Atualmente existem disponíveis bases com diferentes resoluções que podem ser obtidas da internet e utilizadas em modelos de estimativa da temperatura do ar.

Durante o processo de análise dos riscos, são examinadas essencialmente as exigências térmicas e hídricas da cultura. Considera-se, em primeiro lugar, a faixa de

adaptação térmica da planta, destacando a temperatura base inferior de crescimento, a temperatura mínima e máxima toleradas e a faixa térmica ótima para vegetação e produção. São verificadas, ainda, as necessidades de água durante o ciclo e períodos em que a deficiência hídrica pode se tornar um fator de restrição, a sensibilidade ao excesso de chuvas no período de colheita, a variação do coeficiente de cultura (K_c) durante o ciclo e os graus-dia de crescimento necessários para completar o ciclo (ASSAD; ZULLO JUNIOR; PINTO, 2008).

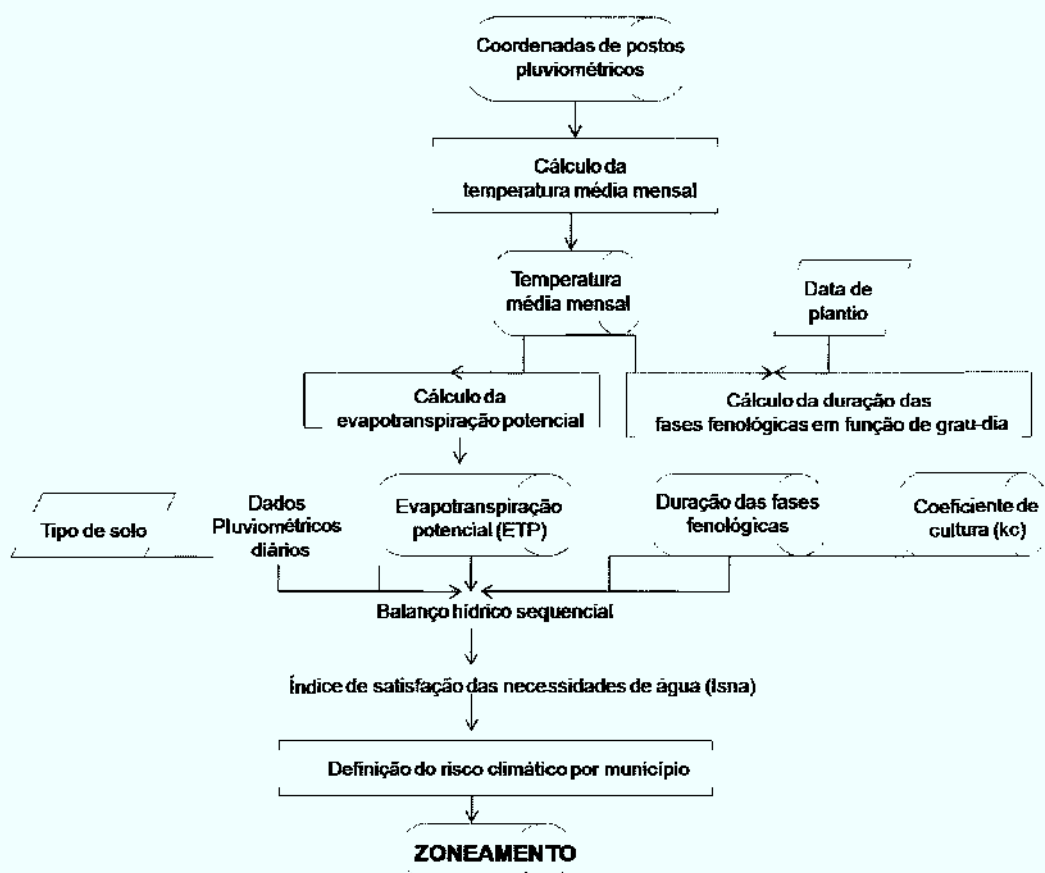


Figura 1: Fluxograma da metodologia utilizada no zoneamento de riscos climáticos de cultura anual. Fonte: informe agropecuário, Belo Horizonte, v.29, n.246, p.47-60, set./out. 2008.

O risco climático é calculado para cada fator de risco da cultura. Nele são envolvidas as probabilidades de ocorrerem geadas ou temperaturas baixas, temperaturas elevadas, excesso de chuvas e deficiência hídrica nos períodos críticos. Depois de calculados e mapeados todos os diferentes fatores de risco, é

necessário cruzar as informações e gerar um balanço final, buscando os períodos do ano em que os riscos se situem abaixo do máximo tolerado para se determinar as épocas de plantio ou regiões aptas para a cultura analisada.

Atualmente, considera-se que o nível de risco deve ser inferior a 20%, ou seja, se num determinado período de plantio, em termos probabilísticos, não estiver disponível para a planta água suficiente que evite a penalização da produtividade, procura-se um novo período que tenha as condições climáticas necessárias para o melhor crescimento da cultura.

O mesmo ocorre para os riscos de geada, geralmente fator restritivo ao cultivo. No caso das culturas anuais, para as épocas de plantio em que há risco de geadas acima do valor máximo tolerado são excluídas as recomendações. No caso de culturas perenes, quando o risco excede o máximo tolerado o município é declarado inapto (ASSAD; ZULLO JUNIOR; PINTO, 2008).

Capítulo 2. Evolução da produção e da produtividade da agricultura brasileira

2.1. Introdução

Nos últimos 27 anos (1980 -2007), a história da produção agrícola no país sofreu uma série de transformações. A industrialização ganhou força, levando ao crescimento da urbanização com os salários do meio urbano superiores aos da agricultura. O país foi abastecido com a produção interna de produtos alimentícios de baixo preço e a pauta de exportação de bens de origem agropecuária teve que se diversificar a fim de garantir as divisas necessárias para a importação de bens de capital para a indústria (GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008a).

Apoiada pelo avanço científico e pela disponibilidade de insumos modernos, máquinas e equipamentos, além de uma série de políticas agrícolas, a agricultura foi capaz de se modernizar. Houve, no período em questão, aumento significativo da produtividade da terra, do trabalho e do capital. As vastas extensões de Cerrado no Centro-Oeste contaram com uma intensa gama de pesquisas que foram capazes de estabelecer um sistema de correção do solo e cultivares adaptadas, abrindo uma enorme quantidade de terras mecanizáveis para a produção.

Em meio a um cenário de esgotamento da possibilidade de expansão agrícola por terras férteis no país, a tecnologia e a pesquisa empregada na agricultura, especialmente com o apoio governamental, foi a maneira encontrada para se vencer

as barreiras impostas, suprindo o crescente mercado interno e aumentando e diversificando a pauta de exportações.

Neste capítulo será brevemente analisada a evolução da produção e da produtividade da agricultura brasileira para o período de 1980 a 2007, considerando essencialmente os fatores que impulsionaram o rápido desenvolvimento do setor.

2.2. A industrialização como eixo propulsor da modernização

A modernização da agricultura brasileira teve como base a grande transformação que ocorreu na economia e na sociedade brasileira que acompanhou forte processo de industrialização nas últimas décadas. Incipiente em 1930 e consolidado após a II Guerra Mundial, o projeto de industrialização teve como alicerce uma série de premissas quem iam desde os pensamentos da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal) até a pressão por maiores postos de trabalho pelos cidadãos.

De acordo com a Cepal, os termos de intercâmbio moviam-se contra os países primário-exportadores. Em momentos de crise, com a queda dos preços dos principais produtos da pauta de exportação (bens primários) e manutenção de elevadas taxas de importação (por industrializados), a balança comercial tendia inevitavelmente a desequilíbrios. Apesar dessa crescente necessidade de financiamento externo para cumprir com o saldo total do balanço de pagamentos, havia um influxo de capitais, ou seja, o movimento ocorria dos países periféricos para o centro. Dessa maneira, a política econômica deveria fortalecer a indústria e o mercado interno, além de diversificar a pauta de exportação.

Alguns importantes modelos de pesquisa para o desenvolvimento econômico de países menos desenvolvidos também apontavam para o processo de industrialização como principal saída. Um deles é o modelo de economia dupla de William Arthur Lewis, no qual se postulava que a economia de um país pobre poderia ser pensada como contendo apenas dois setores: um setor pequeno capitalista e um setor muito grande chamado de tradicional (setor agrícola). De acordo com este modelo, a produtividade marginal do trabalho no setor tradicional é igual a zero. Assim, a indústria e o setor de serviços seriam os responsáveis por remover o excesso de trabalhadores rurais.

Ainda, com a Guerra ficou claro que o poderio militar dependia em alto grau da indústria, sendo que as economias com alto índice de diversificação tinham maior capacidade para geração de empregos.

A crescente ascensão política de novos grupos de interesse ligados a atividade produtiva industrial levou o governo brasileiro a adotar uma política de industrialização forçada (*draft industrialization*) no começo da década de 1950. Com a queda do poder político do setor ligado à grande propriedade, até o início da década de 1970, o setor agrícola foi fortemente discriminado em detrimento da grande quantidade de facilidades que foram criadas para a indústria.

Desta vez, a política econômica tratou de assegurar a sobrevalorização do câmbio. Foi criado um sistema de câmbios múltiplos a fim de favorecer a importação de bens de capital e desfavorecer as demais. Além disso, o sistema de crédito priorizou a concessão de empréstimos a taxas subsidiadas às indústrias de bens de capital, posteriormente fomentando também a importação de bens de consumo e, principalmente, os investimentos em transporte e energia. Com o intuito de segurar as possíveis pressões sobre os salários do setor urbano, os preços dos alimentos

foram mantidos em baixos níveis. Dessa maneira, percebe-se a grande prioridade dada aos investimentos em infra-estrutura urbana, ao crescimento do parque industrial (de bens de consumo duráveis, não duráveis, indústria leve e pesada) e à proteção do salário em detrimento do setor agrícola.

Os sinais da atratividade das cidades tornaram-se claros no meio rural, onde o êxodo se acelerou fortemente a partir da década de 1950. Para se ter uma idéia, neste ano apenas 36,2% da população brasileira vivia em meio urbano. Em 1960, esse total subiu para 44,7% da população, e já em 1970, ultrapassou os 55%. Em 2000, o censo revelou que a porcentagem da população urbana havia subido para 81,2% do total de habitantes do país (IBGE).

Com a industrialização a economia se tornou mais urbanizada e diversificada. Houve aumento no poder de compra dos brasileiros e a necessidade interna de alimentos cresceu (influenciada também pela explosão demográfica observada no período de 1950 a 1990). A este ambiente de elevação da demanda, favorável ao crescimento da produção agrícola, une-se o custo crescente de oportunidade do trabalho para os agricultores (essencialmente por conta do êxodo rural), o que leva os produtores a intensificar e mecanizar a exploração.

Portanto, a industrialização e a conseqüente urbanização foram os grandes responsáveis pelas transformações na agricultura brasileira, sendo a tecnologia e a ciência os principais alicerces desta mudança. Ainda, a força nas decisões políticas passou a pender mais fortemente para o lado dos industriais.

2.3. Instrumentos da modernização

A agricultura foi modernizada tendo como principais ferramentas o crédito subsidiado, especialmente para a compra de insumos modernos e bens de capital, a extensão rural e a pesquisa, liderada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A partir do crédito, o produtor rural é capaz de transformar a nova tecnologia em insumos modernos. Com taxas de juros subsidiadas, o governo federal via Banco do Brasil e Banco do Nordeste foi responsável pela maior parte da concessão de crédito agrícola em todo o período. Sendo que, o setor privado permaneceu até o final da década de 1980 com apenas uma pequena parcela nos empréstimos rurais (COELHO, 2001).

O período de 1974 a 1983 foi o de maior volume na concessão de crédito à agricultura, sendo que este mecanismo foi o principal propulsor da modernização agrícola brasileira no período em estudo. O crédito esteve, ainda, fortemente associado à assistência técnica público-privada, a fim de suprir as necessidades de capital físico e humano, intensificando a utilização de mão-de-obra qualificada no campo.

No entanto, a seletividade embutida na concessão de crédito fez com que uma enorme gama de produtores rurais fosse excluída do processo de modernização da agricultura. A falta de escolaridade, complicações quanto aos títulos de posse da terra e o grau de aversão ao risco não permitiram que o desenvolvimento tecnológico fosse massificado. Desta maneira, a região que mais tem perdido com esta política foi a Nordeste (mais pobre do país), que conta com os menores níveis de instrução da população e maiores complicações quanto à regularização da posse da terra. Segundo Buainain et al. (2007) um número expressivo de agricultores familiares não conseguiu se inserir nos processos

sustentáveis de modernização e elevação da produtividade. Para os autores, o principal obstáculo tem sido a carência de recursos e o baixo nível de capitalização desses produtores.

Até o início da década de 1970, a principal maneira encontrada para o aumento da produção agrícola foi a extensão rural. Acreditava-se que havia um razoável estoque de tecnologia e, assim, a pesquisa ficou em segundo plano.

Após algum tempo, entretanto, os formuladores de políticas públicas e parte dos produtores começaram a perceber que a produção não poderia ser expandida apenas por meio do aumento a área cultivada. A competitividade internacional, o aumento da população urbana do país e o esgotamento do solo evidenciaram a necessidade de se encontrar alternativas que incrementassem a produtividade da terra e do trabalho. Assim, o governo passou a investir maciçamente em pesquisas agrícolas. Houve a criação da Embrapa em 1973 e muitos cursos de pós-graduação relacionados a este assunto passaram a ser fomentados pelo governo.

Porém, deve-se destacar que em meados da década de 1980, a União passa diminuir o orçamento para a difusão tecnológica no campo, e em 1991, a extensão rural volta para a competência dos estados da federação.

Com relação à pesquisa agrícola, o Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola (SNPA), que é formado pela Embrapa, pelas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas), por institutos de pesquisa de âmbito federal, e pelas universidades públicas e privadas entre outros, teve um papel extremamente relevante na modernização da agricultura brasileira.

Com isso, foi criado um modelo de pesquisa concentrado com laboratórios super equipados, possibilitando a capacitação da população em centros de excelência nacionais e internacionais. Estes centros de pesquisa foram concebidos

primeiramente por produtos de importância econômica. Em seguida, para ambientes mais desconhecidos, criaram-se os centros de recursos, e para as questões estratégicas, foram criados centros temáticos de pesquisa.

Um dos resultados desta revolução científica no campo foi a descoberta de novos cultivares para o Cerrado brasileiro pela Embrapa Cerrados. A produtividade daquele solo ácido e antes imprestável à plantação foi transformada, fazendo crescer uma agricultura tropical eficiente, responsável atualmente por mais de um terço da produção de grãos do país.

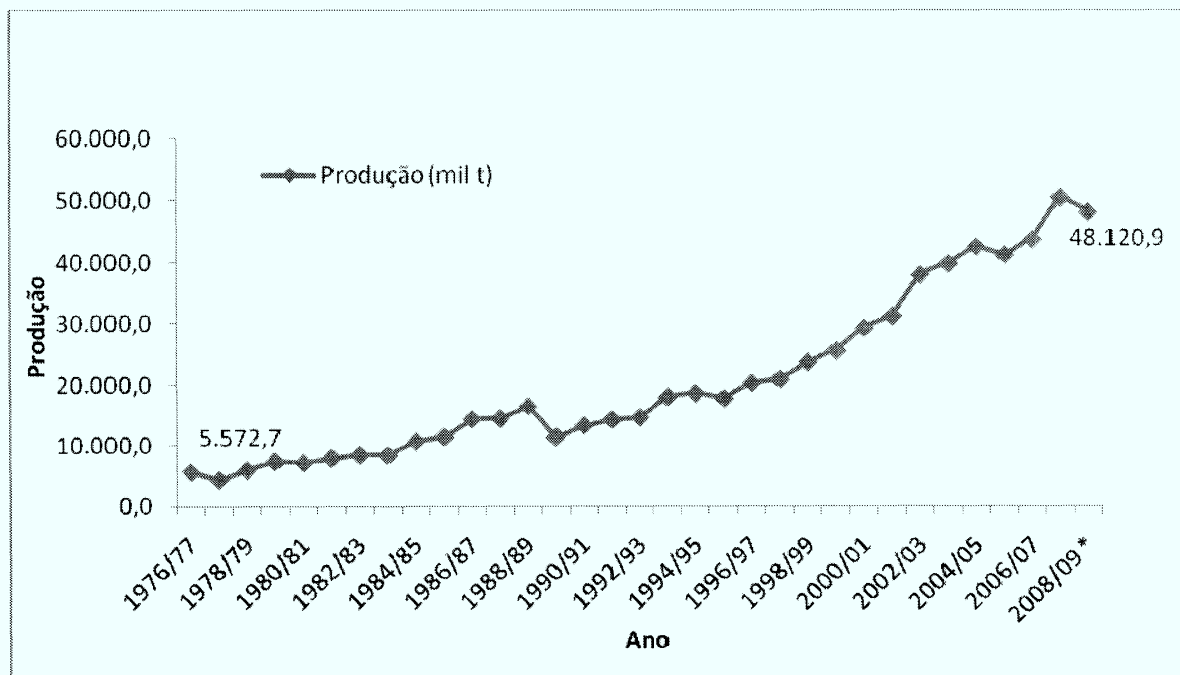


Gráfico 1: Expansão da produção de grãos no Centro-Oeste no período de 1976/77 a 2008/09. Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se a existência de uma área de mais de 100 milhões de hectares de terras mecanizáveis no Cerrado que podem ser incorporadas à agricultura, mantendo-se intacta a Floresta Amazônica. Ainda, o país conta com aproximadamente 220 milhões de hectares de pastagens

que podem ter sua produção intensificada e liberar áreas para novas culturas (GUIMARÃES, 2007).

Constata-se que quantidades consideráveis de insumos modernos foram utilizadas no processo de intensificação da agricultura. De acordo com o IBGE, para os anos entre 1975 e 2005 a taxa anual geométrica de crescimento do uso de fertilizantes no solo cresceu em torno de 4,10%, uma taxa superior à do crescimento do produto agropecuário nesse período, que foi de 3,5% ao ano (GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008b). O uso de fertilizantes tanto para recuperação da fertilidade do solo em áreas antigas como para correção dos solos em áreas novas como o Cerrado é um forte indicador do processo de modernização da agricultura.

Finalmente, a expansão da utilização de máquinas agrícolas também foi fator importante na intensificação da agricultura. Contribuíram para esta expansão: a necessidade de se produzir mais rápido e com menos desperdícios (por conta da elevação da demanda interna e externa por produtos agrícolas e pelo forte êxodo rural); e a criação do Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras (Moderfrota) no início do ano de 2000, visto a obsolescência do parque de máquinas brasileiro. Destaca-se que os principais itens adquiridos pelos produtores no que diz respeito a máquinas e equipamentos passaram a ser as modernas colheitadeiras e os tratores de grande porte.

2.4. Evolução da produção, da área plantada e da produtividade

A relação causal existente entre produção, área plantada e produtividade indica que a expansão do primeiro elemento certamente depende do crescimento

dos outros dois, sendo que, a partir da década de 1970, o aumento da produção agrícola passou a ser crescentemente influenciado pelos rendimentos no campo.

No entanto, deve-se atentar ao fato de que o incentivo pelos preços de se aumentar a produção através do uso de tecnologias modernas reflete inevitavelmente nos primeiros. A pouca elasticidade preço da demanda pela maioria dos produtos agrícolas mostra que uma possível queda no nível de preços não provoca aumento proporcional da demanda, o que em última instância pode vir a frear o crescimento da produção e conseqüentemente da difusão tecnológica.

Entretanto, contando com o mercado interno, a expansão para o mercado externo e a natureza neutra do tipo de tecnologia empregada no país, o mecanismo de autocontrole não se fez presente e a tendência tem sido de crescimento sistemático da produção nas lavouras brasileiras nos últimos anos.

Um aspecto muito importante é que da década de 1930 até a primeira metade da década de 1970, a produtividade na agricultura manteve-se praticamente paralisada, e a expansão agrícola era a principal responsável pelo crescimento da produção. Os dados do Anuário Estatístico do Brasil, elaborado pelo IBGE no ano de 2007, registraram que de 1937 a 2007, a área cultivada cresceu cerca de dez vezes, enquanto a produção aumentou quase vinte vezes. No entanto, de uma média de aproximadamente 1.550 kg/ha durante quarenta e cinco anos (1937 a 1975) de quase estagnação, o indicador de produtividade para a média dos grãos passou para 3.000kg/ha em 2007 (IBGE, 2009).

A partir da análise do gráfico abaixo, pode-se perceber o estrondoso aumento da produção de grãos¹ no Brasil no período entre 1976/1977 e 2008/2009², partindo de 46.943,1 mil toneladas no início do período, com uma previsão de 136.589,6 mil

¹ Algodão, amendoim, arroz, aveia, centeio, cevada, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trigo, triticale.

² Dados preliminares para a safra de 2007/2008 e estimados para a safra de 2008/2009, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2009).

toneladas para a safra de 2008/2009. Dada a evolução da produção, da área plantada e da produtividade, fica claro que o grande crescimento da produção deveu-se essencialmente à elevação da produtividade. Os picos dessas duas curvas apresentam grande similaridade temporal, indicando a forte relação causal que possuem. Por outro lado, a fronteira agrícola permaneceu com certa estabilidade, subindo de 37.318,9 mil hectares de área plantada em meados da década de 1970 para 47.557,2 mil hectares no final do período (anos de 2008/2009), um salto de menos de 28% em contraposição à elevação de quase 130% na produtividade para o mesmo período.

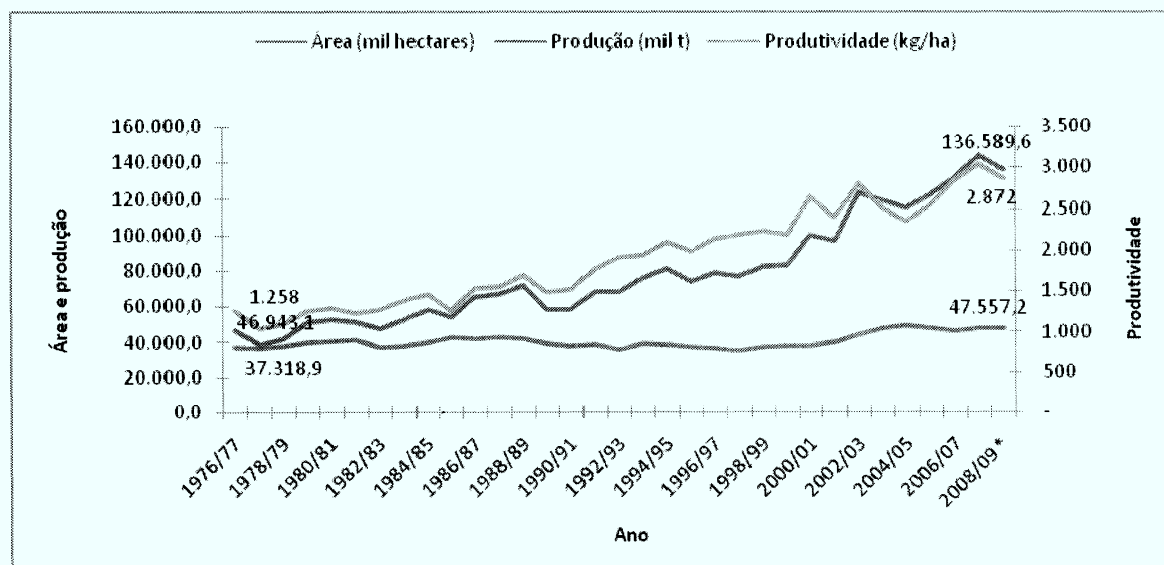


Gráfico 2: Produção total de grãos no Brasil entre os anos de 1976/77 e 2008/09.

Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

O gráfico 3 apresenta a produção total de grãos e as respectivas proporções em relação ao total produzido no país para todas as regiões brasileiras para a safra de 2007/2008 segundo a Conab (2009). A observação dos dados revela a liderança da região Sul, com 41% da produção nacional, seguida pela Centro-Oeste, com 35%. Para a safra seguinte, 2008/2009, as duas regiões juntas também deverão produzir mais de 100,0 milhões de toneladas de grãos. Destaque deve ser dado à região Centro-Oeste que vem aumentando sua participação no quadro produtivo

nacional desde 1977, apresentando uma combinação de expansão da área cultivada e da produtividade (Gráfico 4).

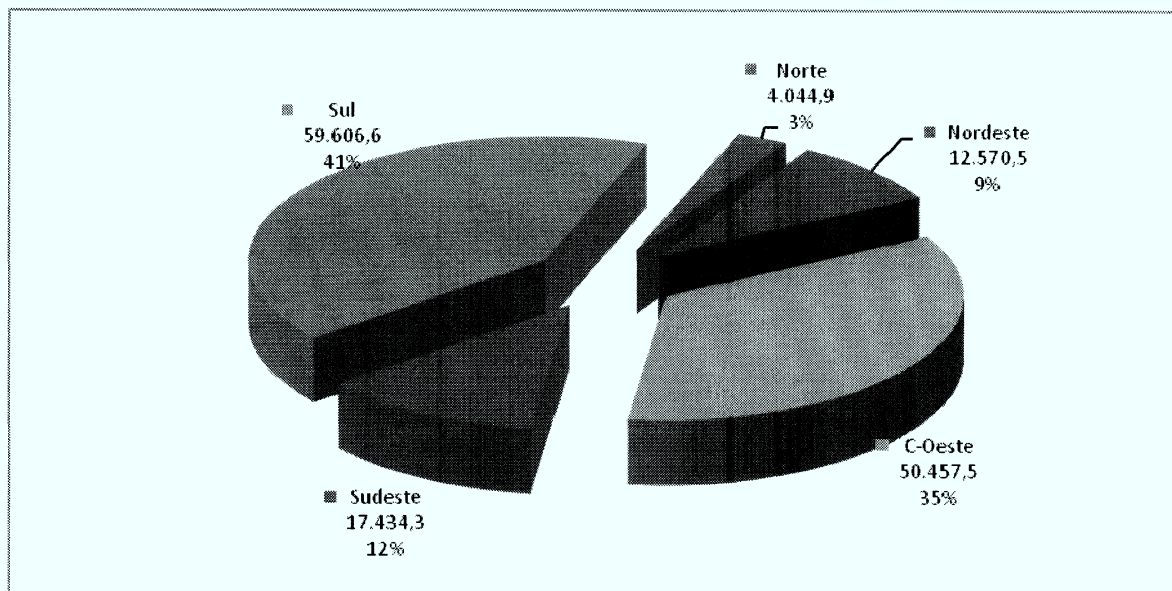


Gráfico 3: Produção total de grãos no Brasil dividido por região, safra de 2006/07³.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

De acordo com o gráfico 4, a área plantada subiu de 4.387,2 mil hectares em 1977 para 15.083,2 mil hectares em 2008/2009, enquanto a produtividade saltou de 1.270 kg/ha para 3.190 kg/ha do início para o final do período. Pode-se dizer que a produtividade foi decisiva no crescimento da produção na região. Verifica-se, porém, que esta aceleração da produtividade é fruto essencialmente da pesquisa agrícola, em especial, da Embrapa Cerrados com a descoberta de novos cultivares e novas técnicas de plantio.

³ Dados preliminares para a safra de 2007/2008.

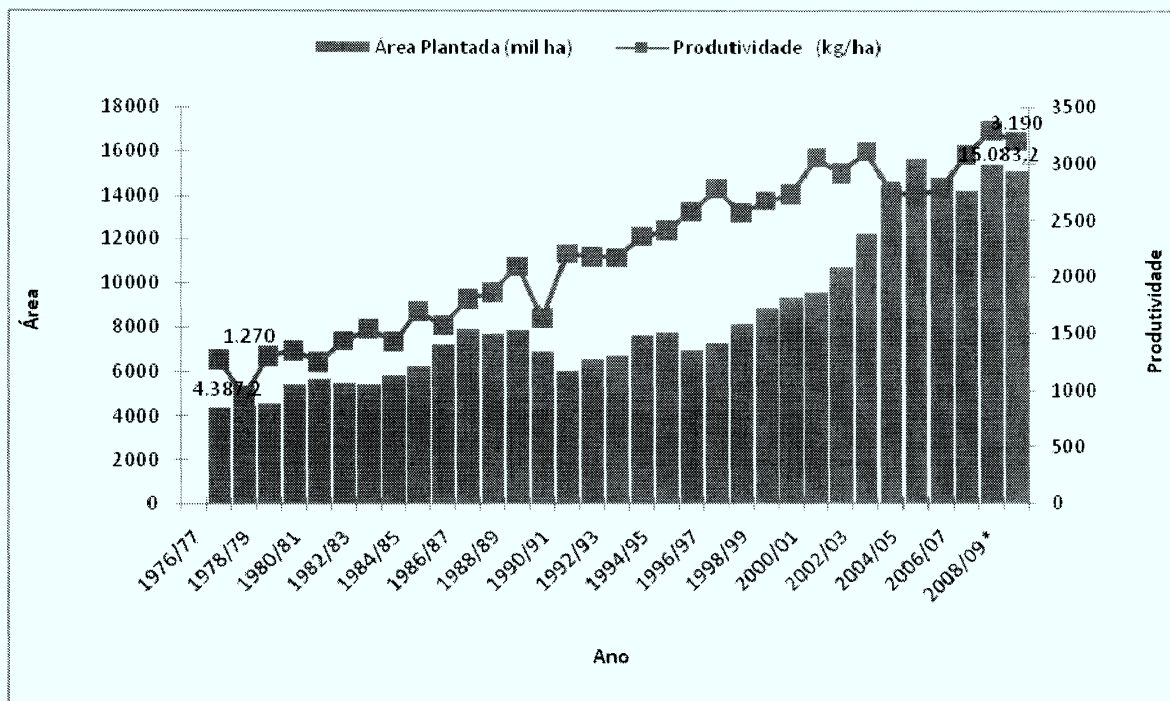


Gráfico 4: Expansão da área plantada e da produtividade de grãos no Centro-Oeste, entre os anos de 1976/77 e 2008/09.

Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

Em relação aos produtos com crescimento de produção e produtividade para o período em estudo (1977/78 a 2008/2009), destaque deve ser dado à soja e ao milho, juntos responsáveis atualmente por mais de 80% da pauta nacional de produção de grãos. O gráfico 5 apresenta o total da produção de grãos no país dividido por produto para a safra de 2006/2007.

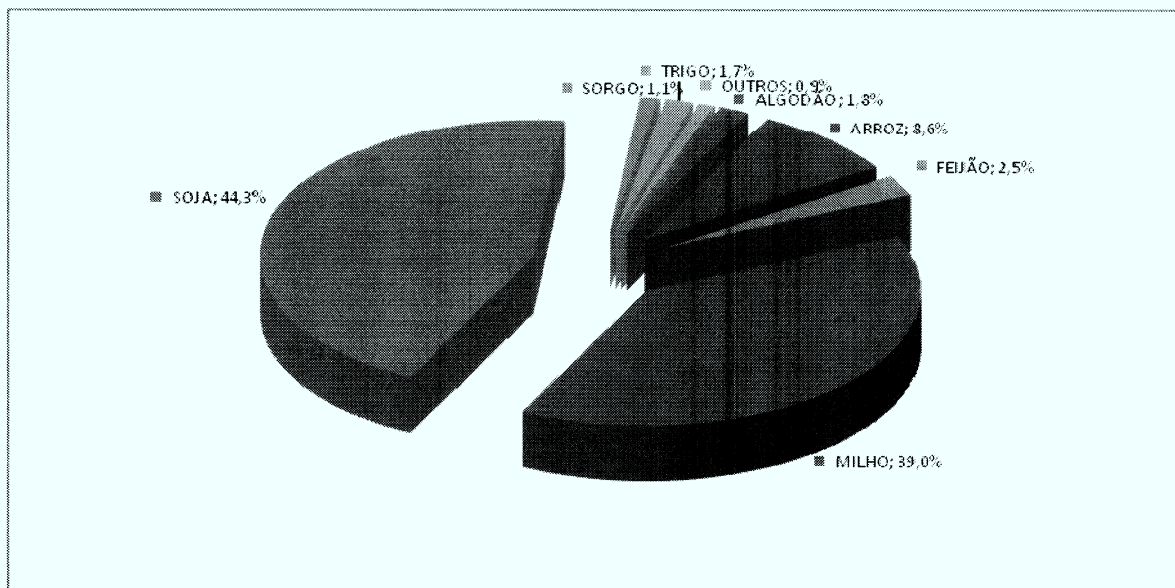


Gráfico 5: Produção total de grãos⁴ no Brasil dividida por produto, safra de 2006/07.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

A produção de milho cresceu de 19.255,7 mil toneladas na safra de 1976/1977 para mais de 51.369,7 mil toneladas na safra de 2006/2007 (Conab, 2009), um aumento de mais de 160%.

Atenção, porém, especial deve ser dada ao milho-safrinha ou milho segunda safra. Este produto recebe este nome pois é plantado após a retirada da lavoura da soja, que ocorre geralmente no mês de janeiro, sendo que algumas regiões podem retardar ou antecipar o processo. A produção do milho safrinha ganhou importância econômica no Brasil pois. O gráfico 6 mostra a evolução da produção, área plantada e produtividade para a cultura do milho de segunda safra. De 78,8 mil toneladas em 1980/1981, estima-se que a produção chegue a 17.412,1 mil toneladas em 2008/2009. Em união ao acréscimo de produtividade, o incremento da área plantada no período teve importância relevante para a produção do milho safrinha, essencialmente pela característica da cultura, que se observa no reaproveitamento do espaço deixado pela soja no momento do plantio.

⁴ A parcela referente a outros inclui: amendoim (0,2%), aveia (0,3%), centeio (0,004%), cevada (0,2%), girassol (0,1%), mamona (0,1%), triticale (0,2%).

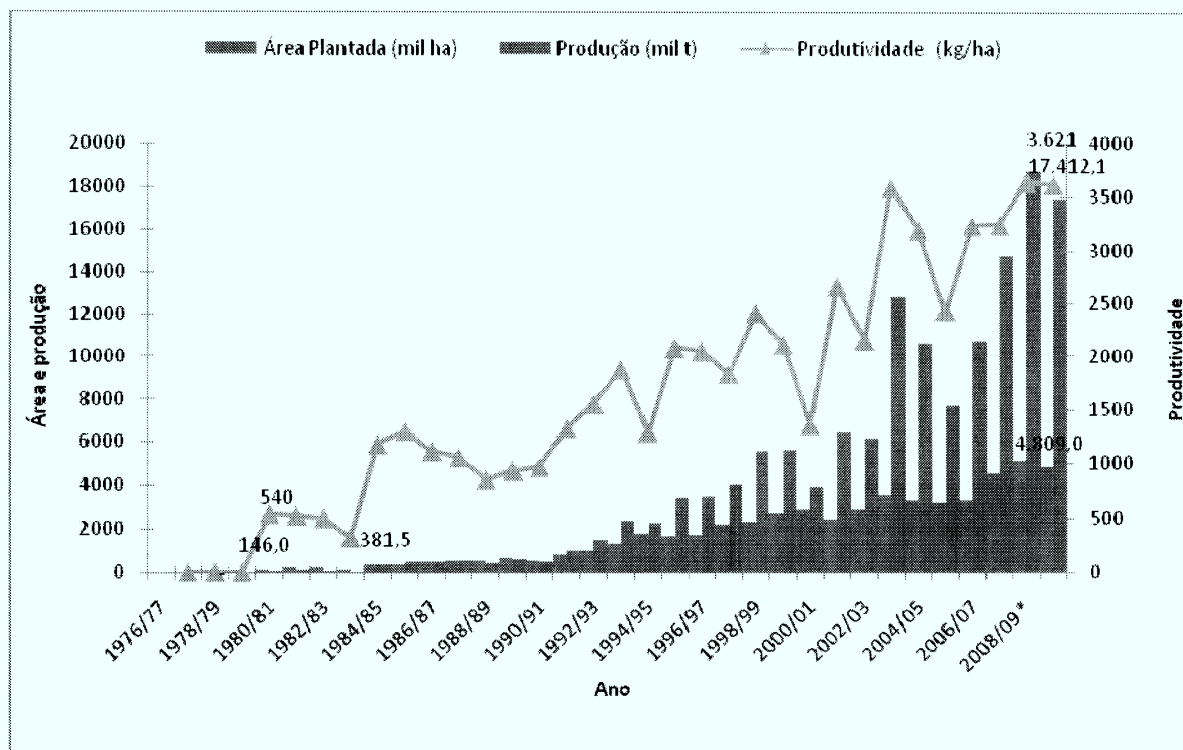


Gráfico 6: Produção de milho no Brasil (segunda safra), entre os anos de 1976/77 e 2008/09.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

Os dados da soja também apresentam relevante crescimento nas últimas três décadas. A tabela 1 apresenta os dados de produção, área plantada e produtividade da soja no país para o período de 1976/1977 até 2008/2009. Estima-se que na safra de 2008/2009 sejam produzidas mais de 57 mil toneladas, um aumento de mais de 45 mil toneladas nos valores do início do período. A soja se tornou um produto essencial na pauta de exportações brasileiras, responsável por uma grande fatia da entrada de recursos para o balanço de pagamentos do país.

Considerando o desempenho dos setores na balança comercial brasileira, a expansão da participação da soja no grupo dos produtos do agronegócio apresentou maior contribuição. As exportações do complexo soja, que compreendem soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja, cresceram 58% em um só ano, de US\$ 11.381

milhões em 2007 para US\$ 17.980 milhões⁵, resultado que reflete também a variação positiva dos preços. O volume exportado de soja em grãos apresentou crescimento de 3,3% no ano de 2008 em relação a 2007, passando de 23,7 milhões de toneladas para 24, 5 milhões de toneladas. No entanto, para o farelo e o óleo de soja, as receitas de exportações foram impulsionadas pelo aumento dos preços, uma vez que as quantidades exportadas apresentaram quedas de 1,5% e 1,1% respectivamente.

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2009), o complexo soja lidera o ranking de setores exportadores do agronegócio, acumulando de janeiro a maio de 2009 uma receita de US\$ 6.911 milhões, o equivalente a 29% das exportações do setor no período e 12% das exportações totais do país.

⁵ Dados elaborados por SRI / MAPA a partir de dados da SECEX / MDIC.

Tabela 1: Produção, área plantada e produtividade da soja no Brasil, entre a safra de 1976/77 e 2008/09.

Safra	Produção (mil t)	Área Plantada (mil ha)	Produtividade (kg/ha)
1976/77	12.145,0	6.949,0	1.748
1977/78	9.726,0	7.780,0	1.250
1978/79	10.200,0	8.151,0	1.251
1979/80	14.687,4	8.755,9	1.700
1980/81	15.484,8	8.693,4	1.781
1981/82	12.890,9	8.393,2	1.536
1982/83	14.532,9	8.412,0	1.728
1983/84	15.340,5	9.162,9	1.674
1984/85	18.211,5	10.074,0	1.808
1985/86	13.207,5	9.644,4	1.369
1986/87	17.071,5	9.221,7	1.851
1987/88	18.127,0	10.706,6	1.693
1988/89	23.929,2	12.252,8	1.953
1989/90	20.101,3	11.551,4	1.740
1990/91	15.394,5	9.742,5	1.580
1991/92	19.418,6	9.582,2	2.027
1992/93	23.042,1	10.717,0	2.150
1993/94	25.059,2	11.501,7	2.179
1994/95	25.934,1	11.678,7	2.221
1995/96	23.189,7	10.663,2	2.175
1996/97	26.160,0	11.381,3	2.299
1997/98	31.369,9	13.157,9	2.384
1998/99	30.765,0	12.995,2	2.367
1999/2000	32.890,0	13.622,9	2.414
2000/01	38.431,8	13.969,8	2.751
2001/02	42.230,0	16.386,2	2.577
2002/03	52.017,5	18.474,8	2.816
2003/04	48.782,7	21.375,8	2.329
2004/05	52.304,6	23.301,1	2.245
2005/06	55.027,1	22.749,4	2.419
2006/07	58.391,8	20.686,8	2.823
2007/08 * Previsão	60.017,7	21.313,1	2.816
2008/09 * Previsão	57.618,4	21.654,4	2.661

Fonte: autoria própria, com base nos dados da Conab (2009).

Dadas as acentuadas alterações que exportações brasileiras tiveram nos últimos 27 anos, o agronegócio foi, de fato, um dos principais responsáveis pela geração de superávits comerciais, contribuindo pesadamente no equilíbrio das contas externas do país. De acordo com o Mapa (2009), enquanto os demais setores da economia apresentaram recorrentemente déficits comerciais desde 1995, com exceção dos anos de 2005 e 2006, o agronegócio continuou a apresentar superávits, chegando a um máximo de mais de US\$ 59 bilhões em 2008. Ano em que as exportações destes produtos totalizaram US\$ 71,806 bilhões, um recorde para o setor.

Tabela 2: Balança comercial brasileira e balança comercial do agronegócio: 1989 a 2008.

Ano	US\$ Bilhões								
	Exportações			Importações			Saldo		
	Total Brasil (A)	Agronegócio (B)	Part.%(B/A)	Total Brasil (C)	Agronegócio (D)	Part.%(D/C)	Total Brasil	Agronegócio	
1989	34,383	13,921	40,49	18,263	3,081	16,87	16,119	10,840	
1990	31,414	12,890	41,35	20,661	3,184	15,41	10,752	8,606	
1991	31,620	12,403	39,23	21,040	3,642	17,31	10,580	8,761	
1992	35,793	14,455	40,38	20,554	2,952	14,41	15,239	11,482	
1993	36,555	15,940	41,34	25,256	4,157	16,46	13,299	11,783	
1994	43,545	19,105	43,87	33,079	5,678	17,16	10,466	13,427	
1995	46,506	20,871	44,88	49,972	8,613	17,24	-3,466	12,258	
1996	47,747	21,145	44,29	53,346	8,939	16,76	-5,599	12,206	
1997	52,983	23,367	44,10	59,747	8,193	13,71	-6,765	15,173	
1998	51,140	21,546	42,13	57,763	8,041	13,92	-8,624	13,505	
1999	48,013	20,494	42,88	49,302	5,694	11,55	-1,289	14,800	
2000	55,119	20,594	37,36	55,851	5,756	10,31	-0,732	14,838	
2001	58,287	23,857	40,93	55,602	4,801	8,64	2,685	19,056	
2002	60,499	24,840	41,10	47,243	4,449	9,42	13,196	20,391	
2003	73,203	30,845	41,98	48,326	4,746	9,82	24,878	25,899	
2004	96,677	39,029	40,37	62,836	4,831	7,69	33,842	34,198	
2005	118,529	43,617	36,80	73,800	5,110	6,94	44,929	38,507	
2006	137,807	49,466	35,88	81,351	6,685	7,33	46,457	42,769	
2007	160,849	58,420	36,37	120,628	8,719	7,23	40,021	49,701	
2008	197,942	71,806	36,28	173,207	11,820	6,82	24,735	59,987	

Fonte: autoria própria, adaptação de elaboração do MAPA (2009).

De uma maneira geral, os dados do IBGE (2009) bem como os dados da Conab (2009) apontam para taxas anuais de crescimento da produção como resposta mais forte do crescimento do rendimento que da área cultivada (exceção para a soja, o feijão e o trigo).

No processo de estabilização da economia brasileira, com sobrevalorização cambial, a área colhida apresentou substancial redução para o período de 1990 a

1999. Sua redução média anual neste período para todas as lavouras foi de -0,56%, ocorrendo em terras de pior qualidade (GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008b). No período recente (2000-2007), a área colhida sofreu expansão de 5,92% ao ano para todas as leguminosas (IBGE, 2009).

A evolução da produtividade na agricultura mede em grande parte a incorporação de tecnologia ao processo produtivo. Para todas as culturas, o crescimento da produtividade foi para o período de 1975 a 2007 da ordem de 3% ao ano, destacando-se o arroz (3,45%), o milho (2,99%) e o trigo (3,11%). A mesma taxa para a soja foi de 1,88% ao ano, um indício de que a cultura iniciou no Brasil já com tecnologia moderna.

Os dados comprovam que o substancial aumento da produção agrícola brasileira partiu essencialmente do aumento da eficiência produtiva no processo de modernização da agricultura.

2.5. Principais fontes de crescimento da produtividade na lavoura

A taxa anual média de crescimento da produtividade na agricultura nos últimos 30 anos foi de 2,51% (GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008a). Essa medida é obtida pela razão entre a quantidade produzida e todos os fatores de produção utilizados. Deixando implícita a idéia de tecnologia cristalizada nos insumos, Gasques et al. (2008b) apresenta o termo Produtividade Total dos Fatores (PTF) voltado para a agricultura como uma relação entre o agregado de todos os produtos e o agregado de todos os insumos. De maneira a formar um guia para verificar a eficiência da produção agrícola, os índices de PTF medem o agregado de produto por unidade de insumo agregado.

Wen⁶ (apud GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008b) explica, em primeiro lugar, que uma fonte tradicional de crescimento do produto decorre do aumento da quantidade de insumos, o que geralmente altera os preços relativos. Uma segunda fonte de crescimento origina-se da inovação institucional, que pode ocorrer quando restrições na alocação de recursos são eliminadas. Neste processo, mais produto se torna disponível com a mesma quantidade de insumos. Finalmente, uma terceira fonte de crescimento é o progresso tecnológico, que desloca a função de produção para cima e está ligada a uma melhoria na qualidade do capital físico e humano.

O deslocamento da função de produção é identificado como mudança na PTF, indicando a obtenção de mais produto com a mesma quantidade de insumos. A taxa de crescimento da PTF está relacionada com a parcela do crescimento que não pode ser explicada pelo aumento ponderado dos insumos, mas somente pelas inovações institucionais e pelo progresso tecnológico.

Para a mensuração do índice de PTF geralmente é utilizado o índice de Tornqvist, conforme demonstrado em Diewert⁷ (apud GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008b), muito comum na agricultura e indústria (GASQUES; CONCEIÇÃO, 2001).

Sua definição é a seguinte:

$$PTF_t / PTF_{(t-1)} = \frac{\pi_{i=1}^n \left(\frac{Y_{it}}{Y_{i(t-1)}} \right)^{\frac{S_i + S_{i(t-1)}}{2}}}{\pi_{j=1}^m \left(\frac{X_{jt}}{X_{j(t-1)}} \right)^{\frac{C_j + C_{j(t-1)}}{2}}}$$

⁶ WEN, G. J. Total factor productivity in China's farming sector: 1952-1989. **Economic Development and Cultural Change**, v. 42, n. 1, 1993.

⁷ DIEWERT, W. E. Exact and superlative index numbers. **Journal of Econometrics**, n. 4, 1976.

As quantidades dos produtos e dos insumos são respectivamente Y_i e X_j . As participações do produto i no valor agregado dos produtos e dos insumos j no custo total dos insumos são respectivamente S_i e C_j . Aplicando-se logaritmo à expressão anterior chega-se em:

$$\ln(PTF_t/PTF_{t-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (S_{it} + S_{i(t-1)}) \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{i(t-1)}}\right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (C_{jt} + C_{j(t-1)}) \ln\left(\frac{X_{jt}}{X_{j(t-1)}}\right)$$

Define-se, assim, a variação da PTF em dois períodos sucessivos de tempo. De acordo com a expressão acima, ela é dependente da variação dos produtos e da variação dos insumos (GASQUES; BASTOS; BACCHI, 2008b). Cada índice PTF é calculado considerando-se um ano base como 100 e encadeando-se os índices dos anos subseqüentes. Os índices são calculados em relação ao ano imediatamente anterior e devem-se conhecer o preço as quantidades para todos os produtos e insumos utilizados (GASQUES; CONCEIÇÃO, 2001).

De acordo com o estudo feito por Gasques et al. (2008b) a PTF foi calculada para o período de 1975 a 2005 utilizando os dados de 61 produtos das lavouras temporárias e permanentes, os seus produtos de origem animal e os três tipos de carnes (bovina, suína e aves). Além disso, no cômputo dos insumos utilizados, terras de lavouras e pastagens, mão-de-obra e capital. A parcela correspondente ao capital é constituída por máquinas agrícolas (principalmente tratores e colheitadeiras), fertilizantes e defensivos.

Pode-se dizer que para todo o período analisado a PTF contribuiu com 71,7% dos fatores responsáveis pelo aumento do produto da agricultura brasileira. Nos anos mais recentes (2000-2005), essa participação foi de 64,6%, ficando o equivalente a 34% do aumento do produto de responsabilidade dos insumos. Nesse

período, a taxa de produtividade do trabalho cresceu 5,81% ao ano, enquanto as taxas de produtividade do capital e a da terra aumentaram em 4,67% e 3,26% ao ano respectivamente (tabela 3).

Tabela 3: Taxa anual de crescimento da agricultura brasileira de acordo com a fonte de crescimento do produto, entre aos anos de 1975 e 2005.

	1975-2005	1980-1989	1990-1999	2000-2005
	Taxa anual de crescimento (%)			
Crescimento do Produto	3,5	3,38	3,01	5,99
Fontes de crescimento do produto				
Insumos	0,96	1,49	0,35	2,03
Produtividade do trabalho	3,56	3,2	3,11	5,81
Produtividade do capital	2,38	1,28	3,14	4,67
Produtividade da terra	2,59	2,64	2,06	3,26
Produtividade Total dos Fatores (PTF)	2,51	1,86	2,65	3,87

Fonte: adaptação de Gasques, Bastos e Bacchi (2008b).

O aumento surpreendente da produtividade do trabalho está diretamente relacionado à melhor qualificação dos trabalhadores e ao crescimento da utilização de máquinas automotrizes nos trabalhos da agropecuária.

Buainain et al. (2007) destaca que na análise das principais tecnologias e do processo de inovação (da mecanização à biotecnologia), onde estão assentadas a elevação de produtividade na agricultura, são reveladas duas características comuns: a economia de mão-de-obra e a exigência de mão-de-obra mais qualificada. Segundo os autores, há registros, em todas as áreas de maior dinamismo da agricultura, de deslocamento do trabalho manual não qualificado em favor de mão-de-obra mais qualificada e mais especializada. Isso significa que cada vez mais trabalhadores enfrentarão dificuldades em manter suas ocupações

tradicionais. Ainda, com a mecanização do campo, estima-se que a demanda por trabalhadores braçais reduza significativamente.

A elevação da produtividade do trabalho a partir da tecnologia poupadora de mão-de-obra traz grandes benefícios à sociedade uma vez que permite melhor utilização dos recursos e libertação do homem de muitas funções degradantes. No entanto, cria um problema preocupante de potencial excesso de trabalhadores sem recolocação produtiva. Para solucioná-lo se torna necessária a criação de políticas públicas capazes de absorver esta mão-de-obra além de capacitá-la.

O gráfico 8 aponta que logo atrás da mão-de-obra, a produtividade da terra apresentou importante crescimento. Esta evolução resultou da incorporação de tecnologia derivada dos trabalhos de pesquisa e da incorporação de novas áreas, essencialmente para a lavoura temporária.

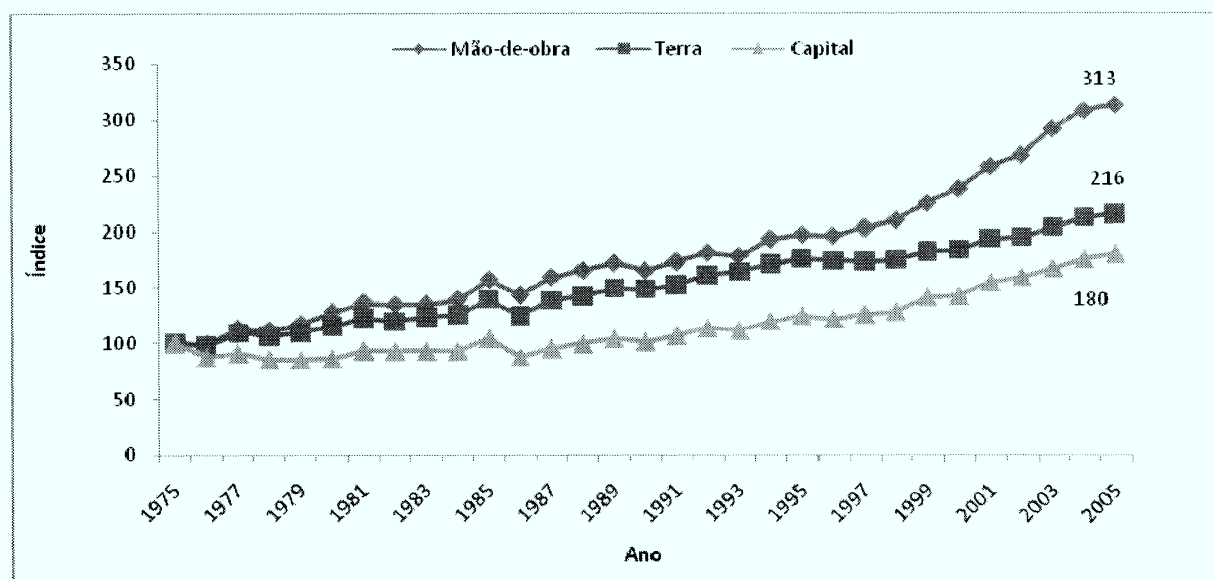


Gráfico 7: Índices de produtividade do trabalho da terra e do capital, entre os anos de 1975 e 2005. Fonte: adaptação de Gasques, Bastos e Bacchi (2008b).

O índice PTF representado no gráfico 8 é a relação entre os índices encadeados do produto e dos insumos. Ao longo do período 1975-2005 o índice do produto cresceu 208%, aumento derivado do crescimento do uso de insumos (mão-

de-obra, terra e capital) e do crescimento da PTF. O gráfico ainda aponta que o crescimento do produto e da PTF se deu de forma mais consistente a partir do ano de 1996, apresentando uma tendência estável de crescimento nos anos seguintes.

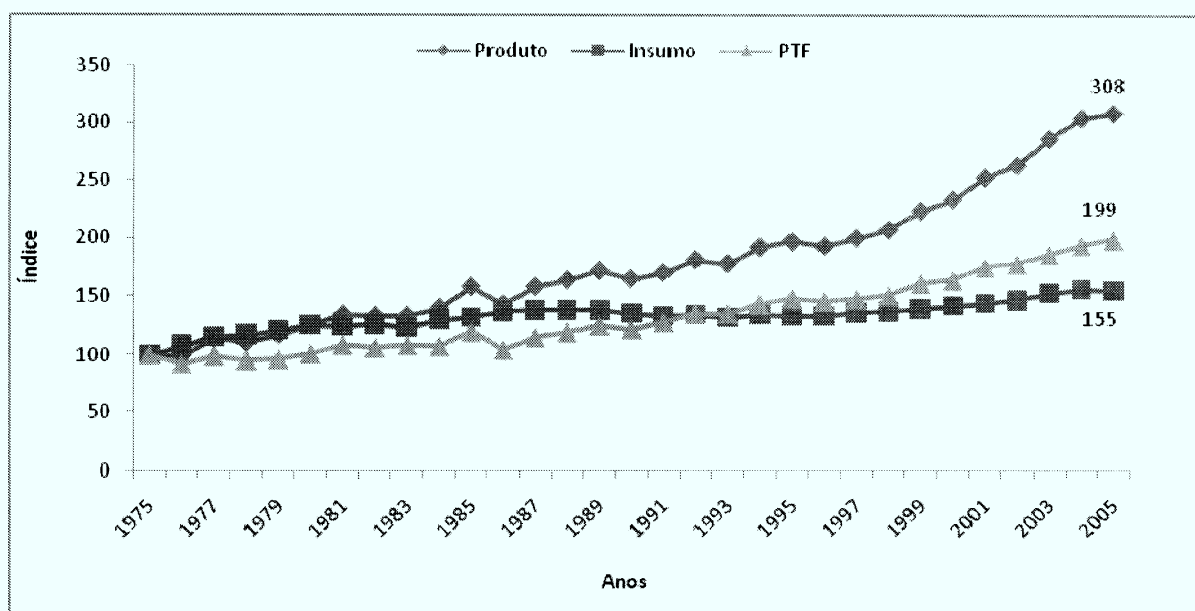


Gráfico 8: Índices agregados do produto, insumos e PTF, entre os anos de 1975 e 2005.
Fonte: adaptação de Gasques, Bastos e Bacchi (2008b).

Os resultados obtidos até agora mostram que a agricultura brasileira tem se desenvolvido através de um sistema diversificado e de alta produtividade. Um dos fatores deve estar relacionado à diversificação produtiva no campo, como a expansão da lavoura temporária e o extraordinário desempenho das exportações de carnes de bovinos, suínos e de aves. Os resultados apresentados pela PTF ao longo do tempo refletem os aumentos de produtividade característico dessas atividades.

Outro fator é o aumento dos recursos para financiamento da atividade agropecuária que tem forte relação com o crescimento da produção e, de maneira especial, um intenso efeito sobre a PTF. Um desses efeitos é a possibilidade de se obter melhor combinação de fatores mediante o aumento da escala produtiva. Economias de escala viabilizam mudanças tecnológicas capazes de deslocar a curva de produção para cima, permitindo níveis mais elevados de produto com a

mesma quantidade de fatores. Além disso, com maior disponibilidade de crédito, aumentam-se as possibilidades de acesso a inovações tecnológicas que contribuem para o aumento da produtividade.

Além da expansão do montante de recursos de crédito rural oficial, tem aumentado, nos últimos anos, o crédito fornecido pelas indústrias em operações de custeio e investimento, como na compra de produtos e venda de insumos.

Finalmente, multiplicam-se as evidências que relacionam o aumento da PTF aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Um estudo apresentado por Bonelli (2002) mostra que parte dos ganhos em produtividade na agricultura brasileira estão relacionados à expansão da pesquisa, especialmente as lideradas pela Embrapa. O autor utilizou um modelo de regressão por séries temporais (Auto-Regressão Vetorial – ARV), em que se considerou como variáveis explicativas da PTF os gastos em pesquisa da Embrapa, o crédito rural e a relação entre os preços recebidos pelos agricultores e os preços pagos pelos insumos industriais. Através deste modelo concluiu que na explicação da PTF, a relação de trocas seguida pelos gastos com pesquisa são mais importantes que o crédito rural.

Para Buainain et al. (2007) o esforço tecnológico e de inovação são fundamentais para o processo de crescimento consolidado de qualquer tipo de produção. A partir de meados dos anos 1980, a Embrapa em conjunto com outras instituições públicas e privadas de pesquisa passaram a adotar uma série de diretrizes para o desenvolvimento de tecnologias para a agricultura, em especial para a agricultura familiar. Segundo os autores, se estas pesquisas não forem capazes de estender seus resultados aos produtores familiares, será difícil reverter a pobreza encontrada em grandes extensões rurais brasileiras.

De acordo com uma longa lista publicada em 2002, a Embrapa apresenta hoje uma série de tecnologias desenvolvidas e disponíveis para o crescimento e consolidação da produção, especialmente no que diz respeito ao aumento de produtividade e ao apoio à agricultura familiar. Entre elas destacam-se o zoneamento agrícola, novos cultivares adaptados, novas raças adaptadas; sistemas de produção vegetal e produção de sementes entre outros (BUAINAIN et al., 2007).

Capítulo 3: Análise de Tendência Temporal

3.1. Métodos Utilizados na Análise Temporal

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas as séries históricas de produtividade da cultura do milho e da soja para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná de 1980 a 2007 (IBGE). O período de mais de vinte anos se mostrou essencial para a confiabilidade dos resultados obtidos através dos testes.

Os métodos empregados para a análise foram principalmente os testes estatísticos de Mann-Kendall e Pettitt:

3.1.1. Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall, segundo Back (2001) e Sneyers (1975), considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples). Conforme Goossens e Berger (1986), o teste de Mann-Kendall é o mais apropriado para a detecção e localização do ponto inicial de determinada tendência em estudo de mudanças climáticas em uma série temporal.

De acordo com Moraes et al. (1995), supõe-se uma série temporal de N termos x_i , onde $1 \leq i \leq N$. O teste é realizado pela somatória t_n do número de termos m_i da série, que está relacionado ao valor x_i cujos termos precedentes ($j < i$) são inferiores ao mesmo ($x_j < x_i$), ou seja:

$$t_n = \sum_{i=1}^N m_i, \text{ onde:}$$

Segundo Önoz e Bayazit (2002), para séries com grande número de termos (N), sob a hipótese nula (H_0) de ausência de tendência, t_n apresentará uma distribuição normal com média e variância:

$$E(t_n) = \frac{N(N-1)}{4}$$

$$\text{var}(t_n) = \frac{N(N-1)(2N+5)}{72}$$

Testando a significância estatística de t_n para H_0 usando um teste bilateral, esta pode ser rejeitada para valores elevados da estatística $u(t)$ dada por:

$$u(t) = \frac{[t_n - E(t_n)]}{\sqrt{\text{var}(t_n)}}$$

Calcula-se o valor da probabilidade α_1 por meio de uma Tabela da normal reduzida de tal forma que:

$$\alpha_1 = \text{prob}(|u| > |u(t)|)$$

A um nível de significância α_0 , a hipótese nula é rejeitada ou não se $\alpha_1 > \alpha_0$ ou $\alpha_1 < \alpha_0$ respectivamente. Em geral, o nível de significância considerado para o teste é de $\alpha_0 = 0,05$ ou $\alpha_0 = 0,10$.

Rejeita-se, portanto, a hipótese nula H_0 quando existe uma tendência significativa na série temporal, sendo que o sinal da estatística $u(t)$ indica se a tendência é crescente ($u(t) > 0$) ou decrescente ($u(t) < 0$).

Pode-se determinar o ponto de início da mudança com a aplicação do mesmo princípio à série inversa, efetuando seqüencialmente uma análise gráfica das duas curvas. Desse modo, como explicitado, a primeira curva, ou a série progressiva,

representa os valores de $u(t)$ para os N valores da série. O valor de t_n é dado pela soma dos i primeiros termos:

$$t_n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i, 1 \leq i \leq N$$

Nessa curva, quando o valor de $u(t)$ excede o limite crítico determinado pelo nível de significância escolhido (1,95 para $\alpha_0 = 0,05$ ou 1,65 para $\alpha_0 = 0,10$) se aceita a existência de tendência significativa.

Para a série regressiva, quando se aplica o mesmo princípio à série inversa, calcula-se para cada termo o número de termos m_i da série x_j de maneira que para $x_i > x_j$ com $i < j$ os valores de $u'(t)$ para a segunda série sejam dados por:

$$u'(t) = -u(t)$$

Finalmente, a intersecção das curvas $u(t)$ e $u'(t)$ localiza o ponto de mudança e se verifica se esta ocorre dentro dos limites do intervalo de confiança.

3.1.2. Teste de Pettit

Ao mostrar uma tendência significativa, se as curvas do teste de Mann-Kendall se entrelaçarem várias vezes, torna-se difícil a detecção do seu ponto em que realmente ocorreu quebra na tendência. O teste de Pettitt (Pettitt, 1979; Moraes et al., 1995), permite a localização do ponto em que houve a mudança brusca na média de uma série temporal, e ainda calcular seu nível de significância estatística, sem se conhecer previamente o ponto no tempo onde ela ocorreu.

$$D_{ij} = \text{Sin}(x_i - x_j)$$

Nesta equação, $j = t + 1$ e $\text{Sin}(x)$ é o sinal da operação, sendo que para $x > 0$, $\text{Sin}(x) = 1$, para $x = 0$, $\text{Sin}(x) = 0$ e para $x < 0$, $\text{Sin}(x) = -1$. Então se considera que:

$$u_{t,N} = \sum_i^t \sum_j^N D_{ij}$$

No teste de Pettitt (PETTITT, 1979), também não-paramétrico, a estatística $u_{t,N}$ é equivalente a uma versão do teste de Mann-Whitney, no qual é verificado se duas amostras $x_1 \dots x_t$ e $x_{t+1} \dots x_T$ são da mesma população. De acordo com Demarée & Nicolis, 1990, $u_{t,N}$ é considerado para os valores de t com $1 \leq t < N$ e expressa o número de vezes que um membro da primeira amostra supera um membro da segunda. Assim, o teste da hipótese nula (H_0) de não ocorrência de mudança na série é feito pelo uso da estatística k_t , onde:

$$k_t = \max_{1 \leq t < N} |u_{t,N}|$$

Nota-se que na hipótese nula a esperança matemática para $D_{i,j}$ é igual a zero ($E(D_{ij})=0$), e a distribuição de $u_{t,N}$ para cada t é simétrica em torno desse valor. O método para cálculo do nível de significância da mudança foi estimado para os níveis de significância de 5% e 10% , por meio da equação:

$$p \approx 2 \exp \left[\frac{-6k_t^2}{t^3 + t^2} \right]$$

O valor de t onde ocorre o máximo de k_t é o ponto de mudança brusca. Tem-se, ainda, que os valores críticos de k podem ser calculados pela equação:

$$k_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln(p/2)(t^3 + t^2)}{6}}$$

Capítulo 4. Resultados e sua Discussão

4.1. São Paulo

4.1.1. Milho

O gráfico 9 apresenta a série anual de produtividade em quilogramas por hectare do milho em grão no estado de São Paulo para o período de 1980 a 2007. A tendência positiva pode ser notada através de uma simples plotagem dos valores e por meio de uma reta de regressão linear, com coeficiente de determinação de 0,7836, valor relativamente alto.

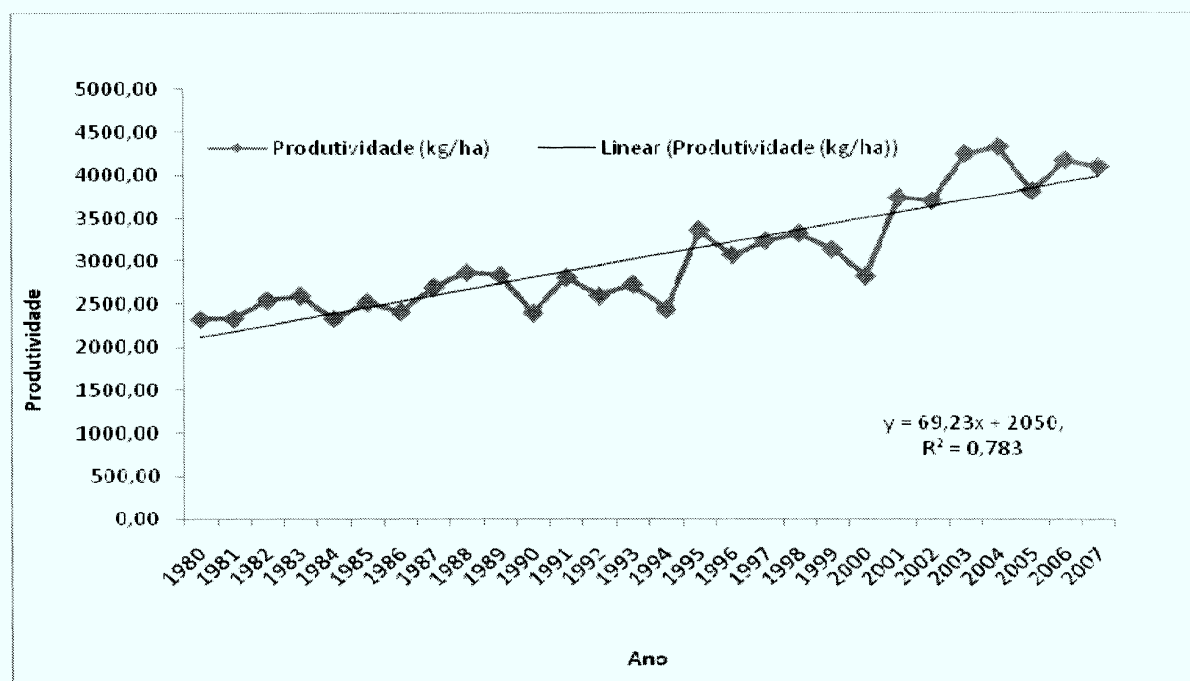


Gráfico 9: Produtividade do milho em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

No entanto, a fim de cristalizar o entendimento da existência desta tendência positiva, foram realizados os testes citados acima. O gráfico 10 mostra o resultado do teste de Mann-Kendall com níveis de significância apresentados pelas retas tracejadas: tracejados curtos para o nível de 10% (- - -) e tracejados longos para o nível de 5% (_ _ _).

O cruzamento entre as curvas estatísticas $u(t)$ e $u'(t)$ (ponto aproximado de início) deve aparecer dentro dos limites de significância e a curva $u(t)$ deve cruzá-los e manter-se além deles (ponto em que se torna significativa) para que a tendência possa ser detectada.

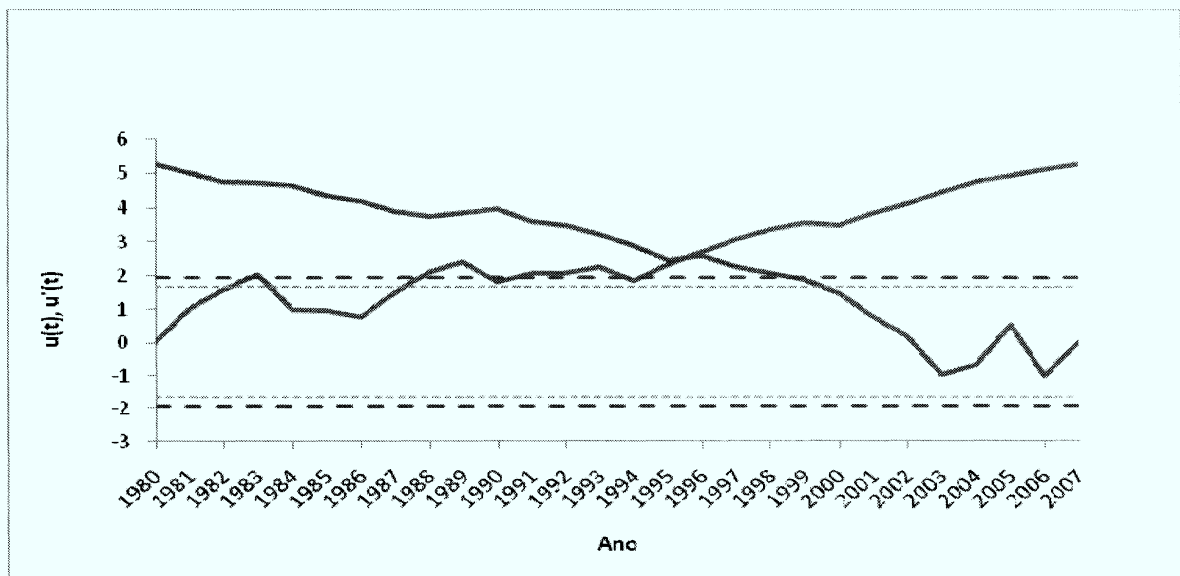


Gráfico 10: Teste de Mann-Kendall para milho em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

As curvas do gráfico 10 se cruzam já no ano de 1996, com a significância da tendência aparecendo a partir do mesmo período (ano de início do zoneamento na região).

Pelo método de Pettitt, apresentado pelo gráfico 11, o ponto de início da nova tendência aparece em 1994, ou ainda, este é o ponto onde a série poderia ser dividida em duas amostras estatisticamente distintas (ponto de quebra da série).

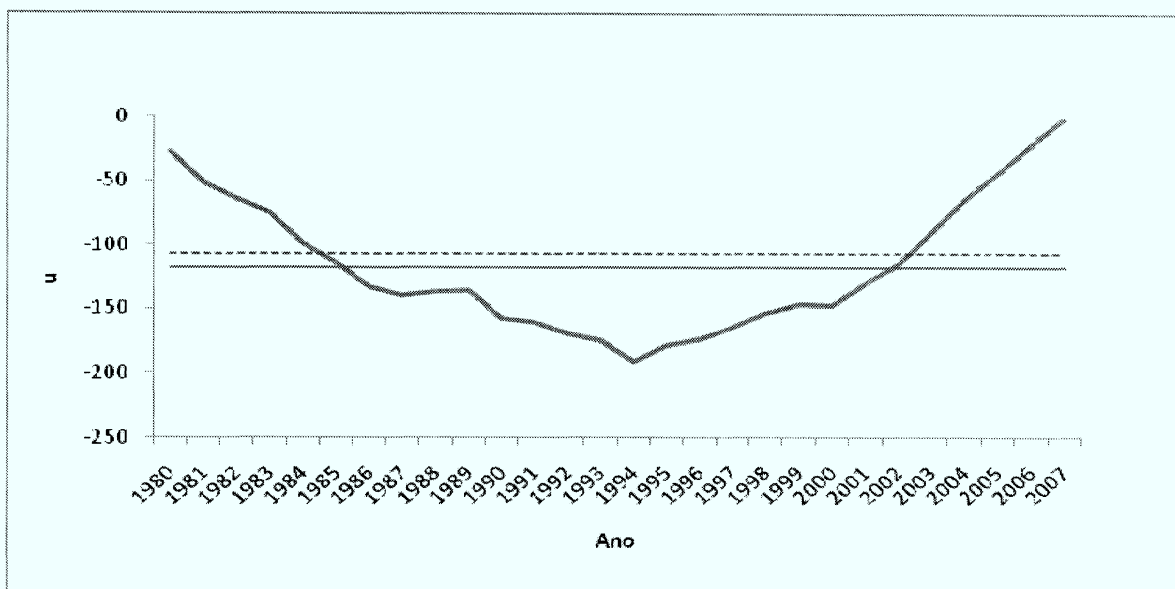


Gráfico 11: Teste de Pettitt para milho em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

O gráfico 12 mostra os desvios dos pontos de produtividade de cada ano em relação à média das produtividades do período. De acordo com gráfico, a partir de 1995 as diferenças entre as produtividades e a média assumem valores positivos e cada vez maiores.

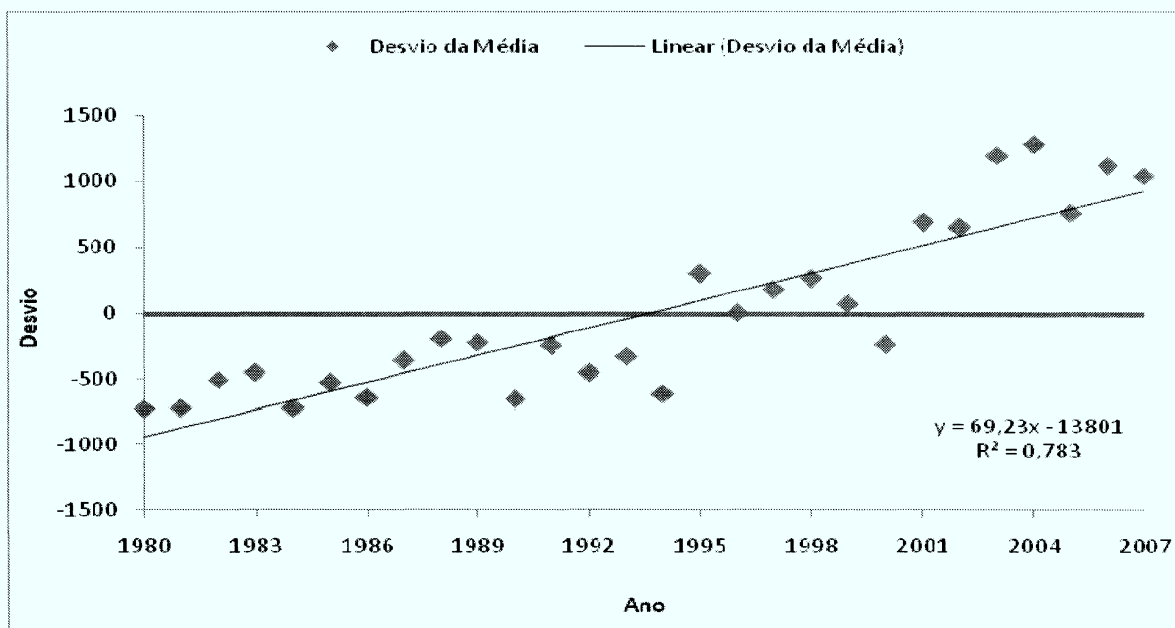


Gráfico 12: Desvio da média para o milho em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

4.1.2. Soja

O próximo gráfico destaca o avanço da produtividade da soja em quilogramas por hectare no estado de São Paulo no mesmo período do milho (1980-2007). Como pode ser notado, existe uma tendência ascendente de crescimento.

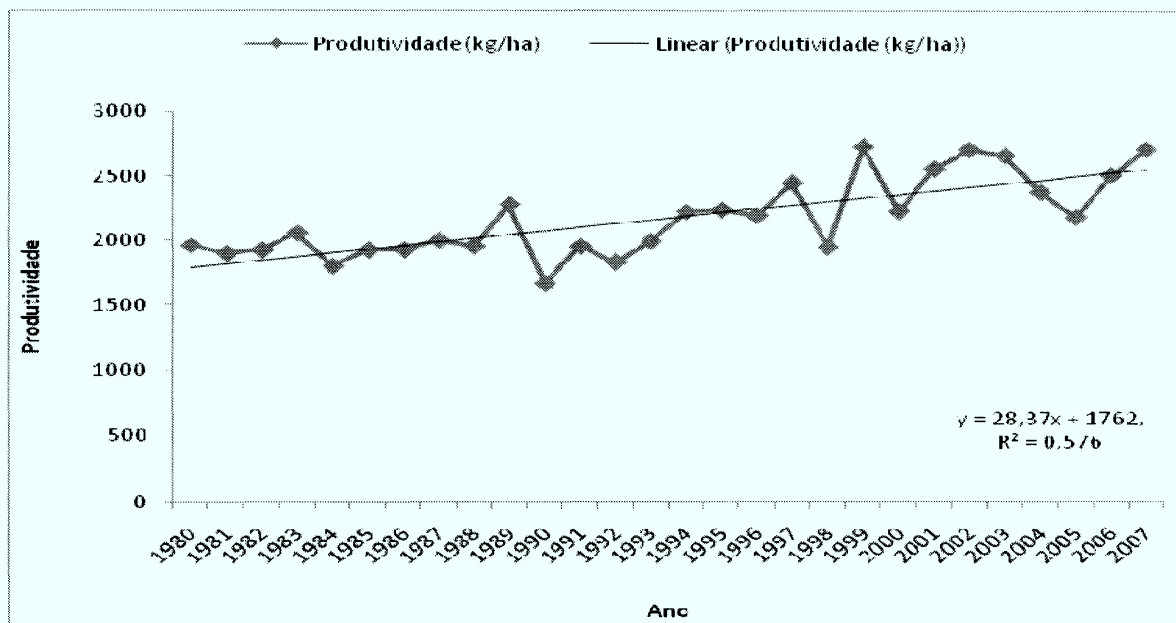


Gráfico 13: Produtividade da soja em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

De acordo com o teste de Mann-Kendall efetuado, pode-se perceber a existência de uma tendência significativa para a série temporal, com o cruzamento das curvas progressiva e regressiva entre 1995 e 1996 em elevado nível de significância, dando indícios do ganho de produtividade proveniente do Zoneamento Agrícola.

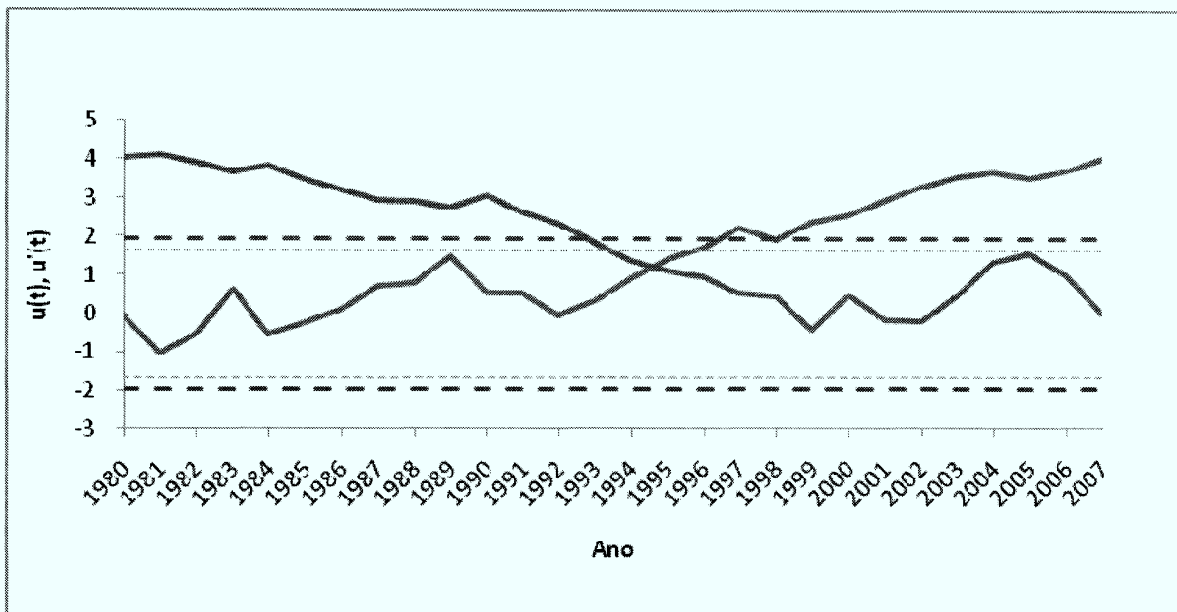


Gráfico 14: Teste de Mann-Kendall para a soja em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

O teste de Pettitt localiza o ponto em que houve mudança brusca na média da série entre os anos de 1993 e 1994. De fato, como mostra o gráfico 16, a partir de 1994 os pontos de produtividade se desviam acima da média total da série, com um pico para baixo apenas em 1998 (gráfico 15).

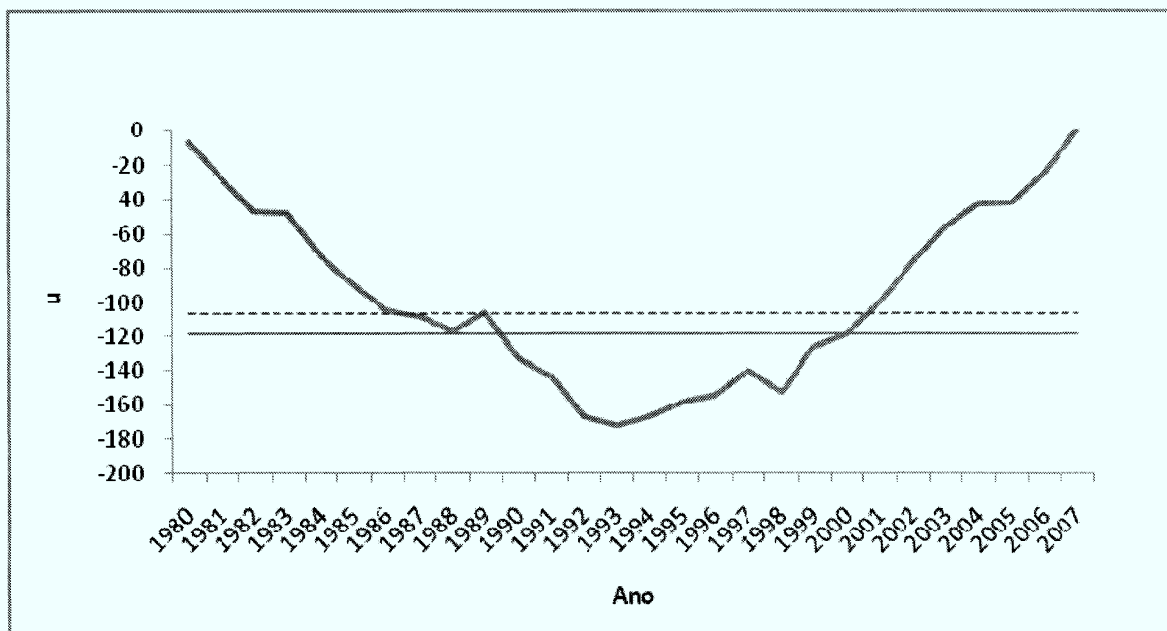


Gráfico 15: Teste de Pettitt para a soja em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

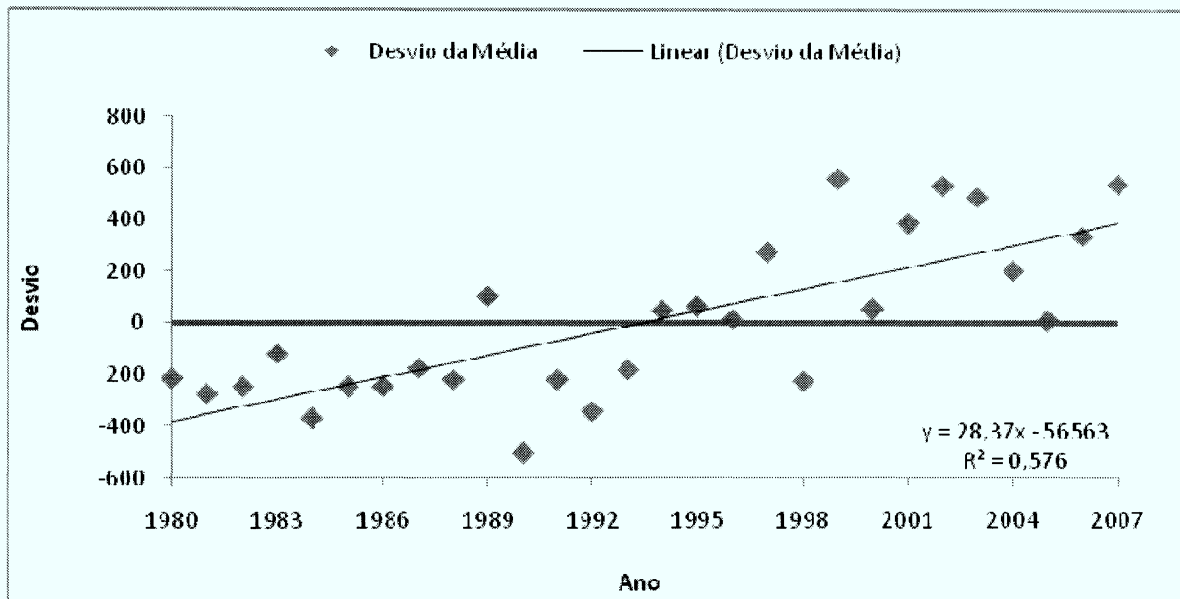


Gráfico 16: Desvio da média para o milho em São Paulo, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

4.2. Minas Gerais

4.2.1. Milho

Para o estado de Minas Gerais, o gráfico 17 mostra que a produtividade teve um crescimento de quase 3 mil kg/ha no período de 1980 a 2007.

O gráfico 18 apresenta o teste de Mann-Kendall que aponta uma tendência significativa na série temporal, fazendo com que a hipótese nula de não existência de tendência seja rejeitada. A série progressiva cruza com a regressiva no ponto entre os anos de 1996 e 1997 em um alto nível de significância.

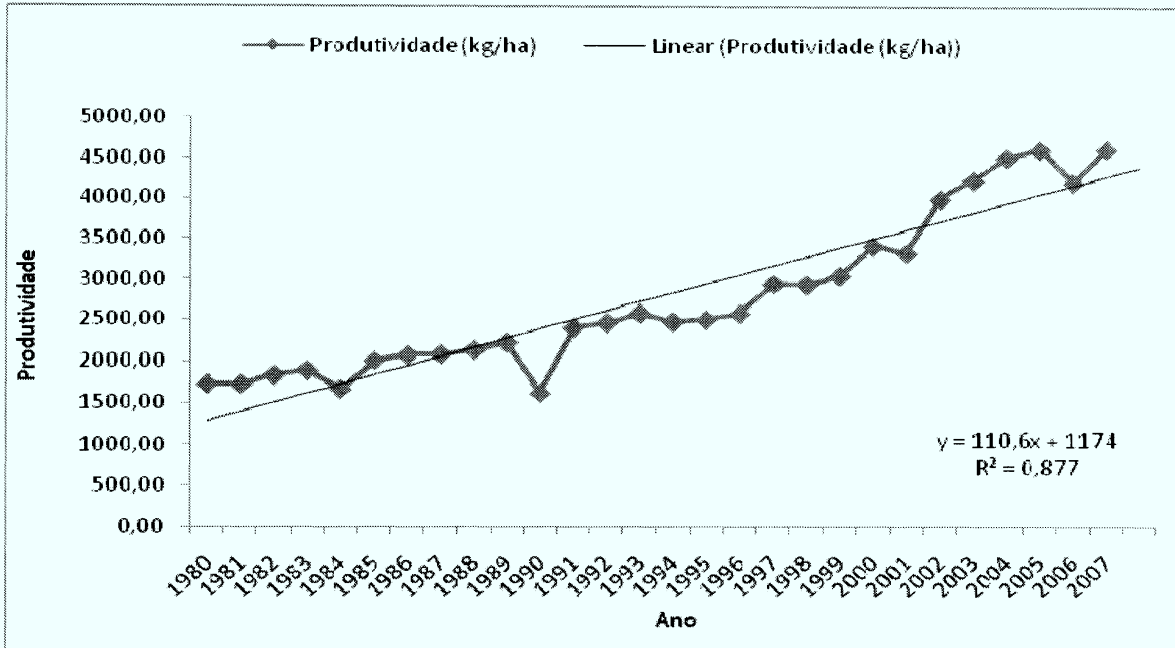


Gráfico 17: Produtividade do milho em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007. Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

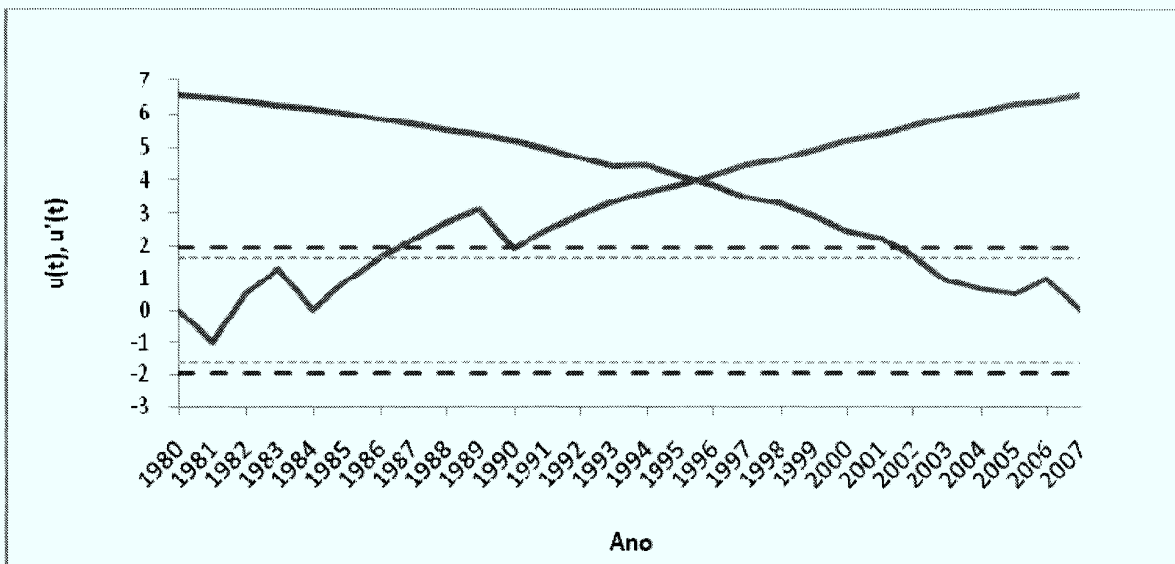


Gráfico 18: Teste de Mann-Kendall para o milho em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007. Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

O teste de Pettitt para a cultura do milho em Minas Gerais, no gráfico abaixo, descarta a hipótese nula de não ocorrência de quebra na série e localiza o ponto em que houve a mudança brusca na média da série entre os anos de 1996 e 1997. Pode-se perceber, ainda, que de acordo com o gráfico 20, a partir deste período, o

CEDOC - IE - UNICAMP

desvio da produtividade em relação à média é sempre positivo e mostra tendência de crescimento.

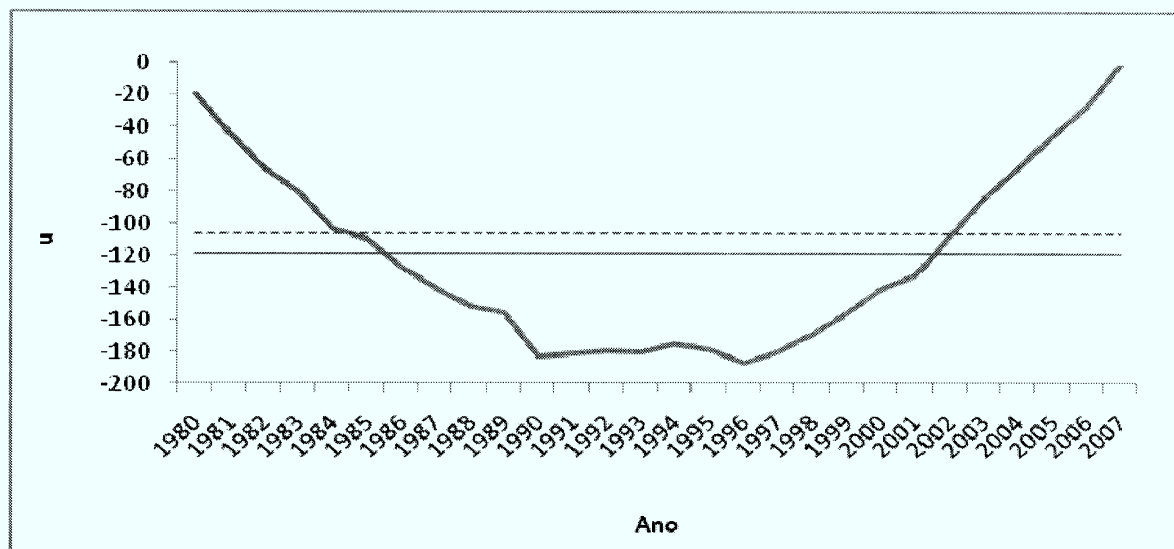


Gráfico 19: Teste de Pettitt para o milho em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

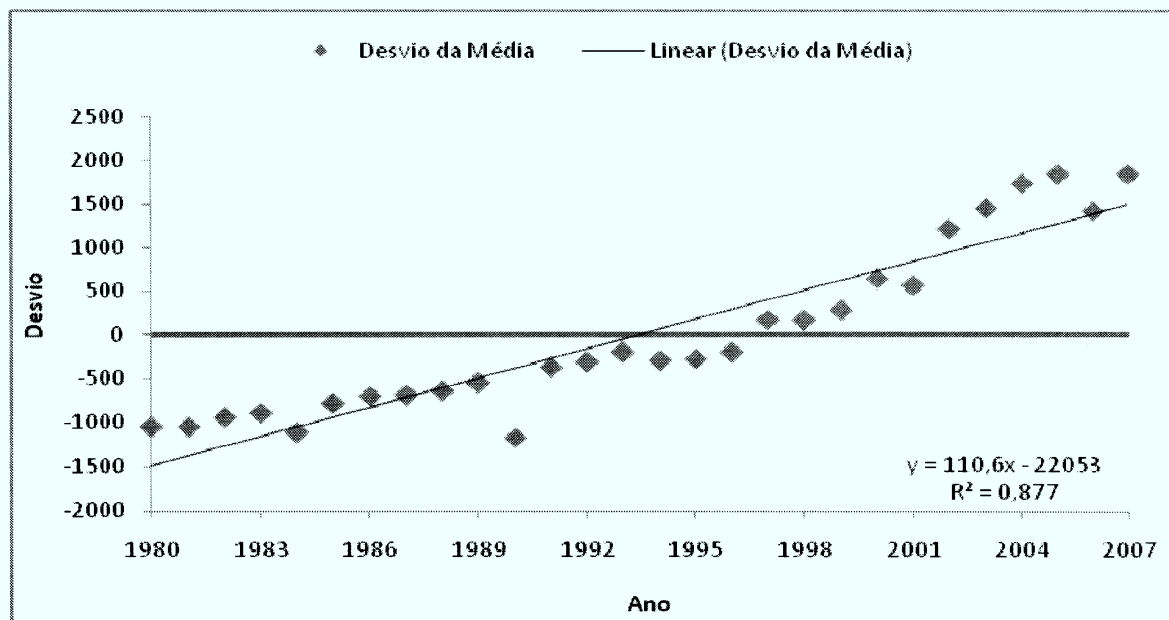


Gráfico 20: Desvio da média para o milho em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

4.2.2. Soja

O primeiro gráfico da cultura da soja em Minas Gerais aponta uma tendência de crescimento da produtividade no período 1980-2007, com coeficiente de 0,732.

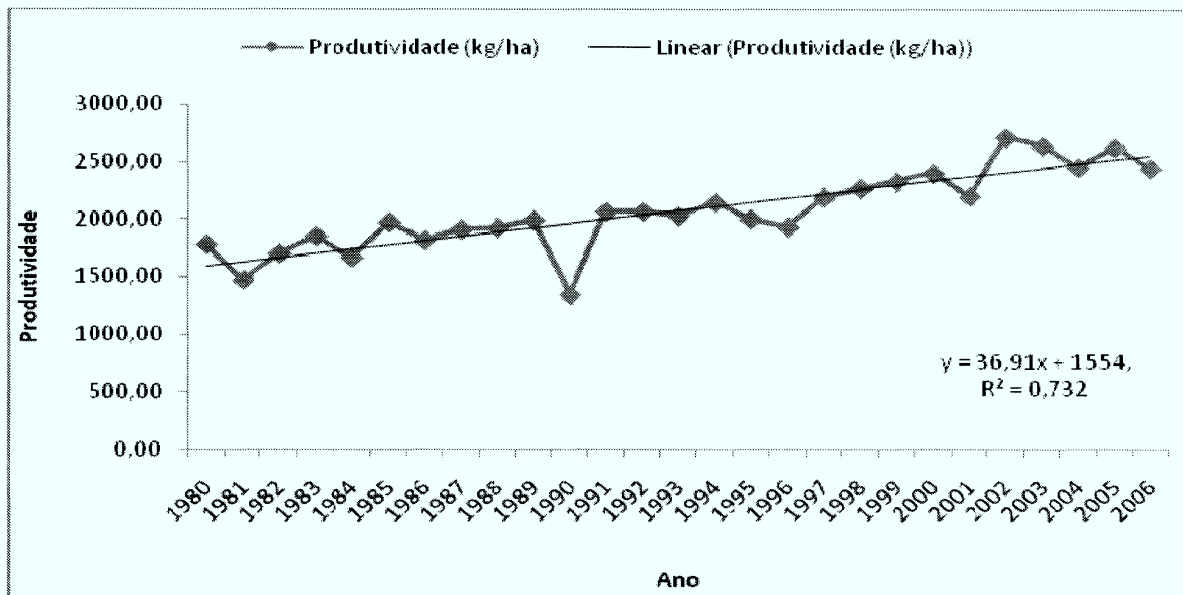


Gráfico 21: Produtividade da soja em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

Com o teste de Mann-Kendall pode-se perceber a existência de uma tendência significativa para a série temporal, com o cruzamento das curvas progressiva e regressiva, ou seja, de $u(t)$ e $u'(t)$ entre 1996 e 1997 em nível de significância elevado.

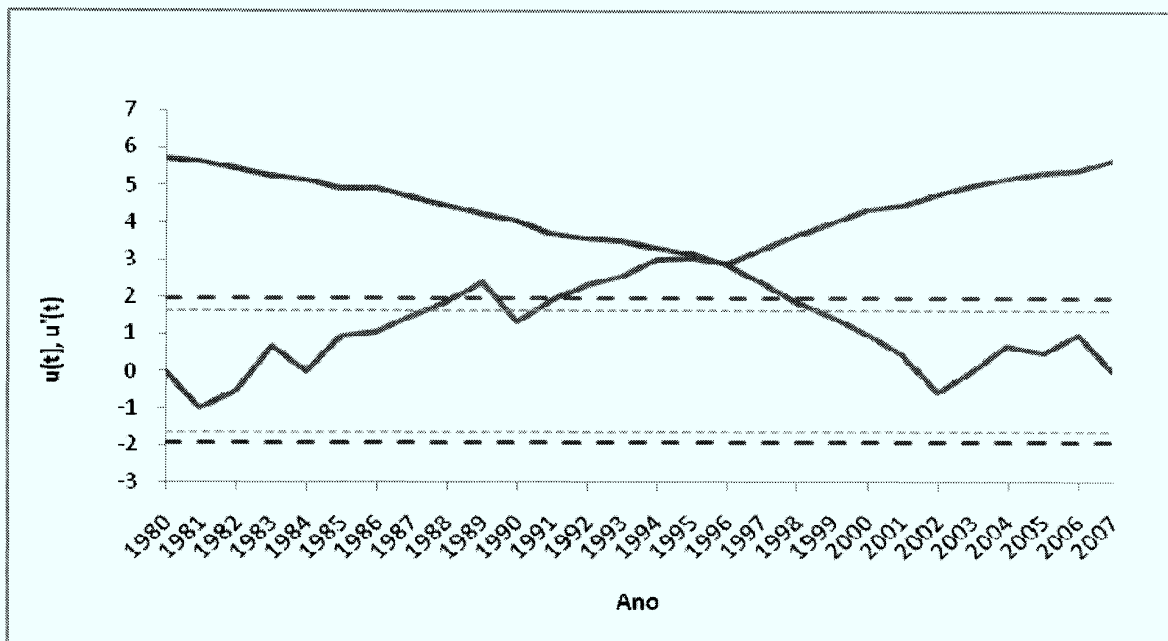


Gráfico 22: Teste de Mann-Kendall para a soja em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007. Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

O teste de Pettit localiza o ponto em que houve mudança brusca na média da série entre os anos de 1994 e 1995. De acordo com o gráfico 24, de desvio da média de produtividade para o total da série, percebe-se desvio positivo já em 1994, mas queda e desvio negativo para os anos de 1995 e 1996, subindo posteriormente para desvios positivos e crescentes em 1997. Esta característica do gráfico sustenta a hipótese de ruptura entre os anos de 1996 e 1997, e caracteriza a aparência achatada do gráfico 23 entre 1991 e 1996.

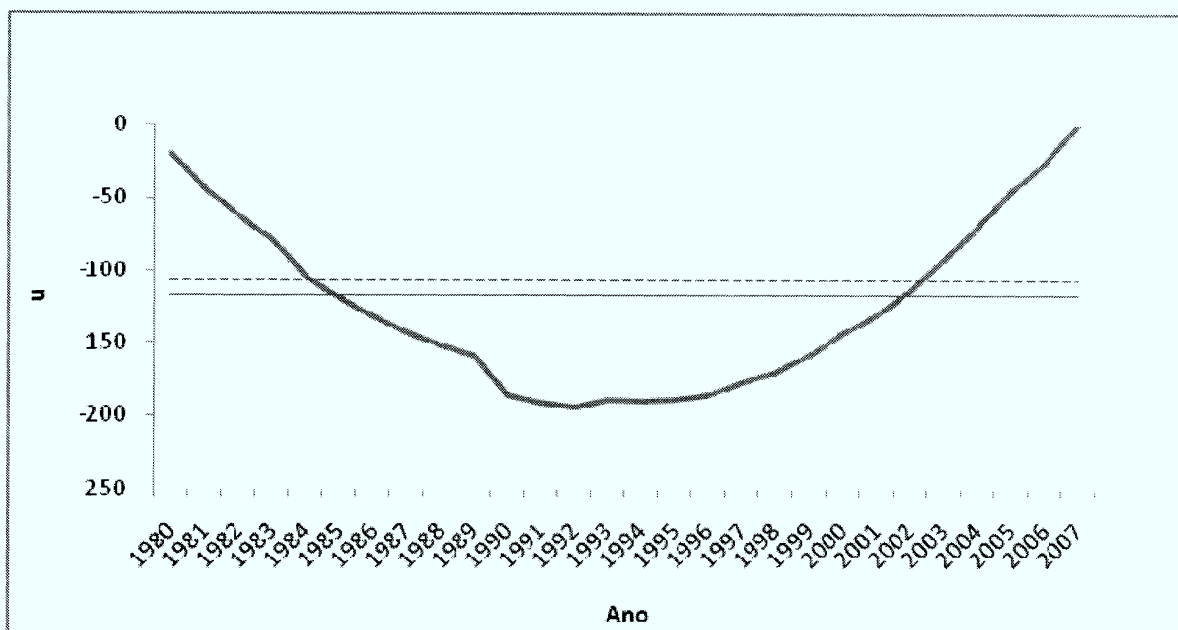


Gráfico 23: Teste de Pettitt para a soja em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007.

Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

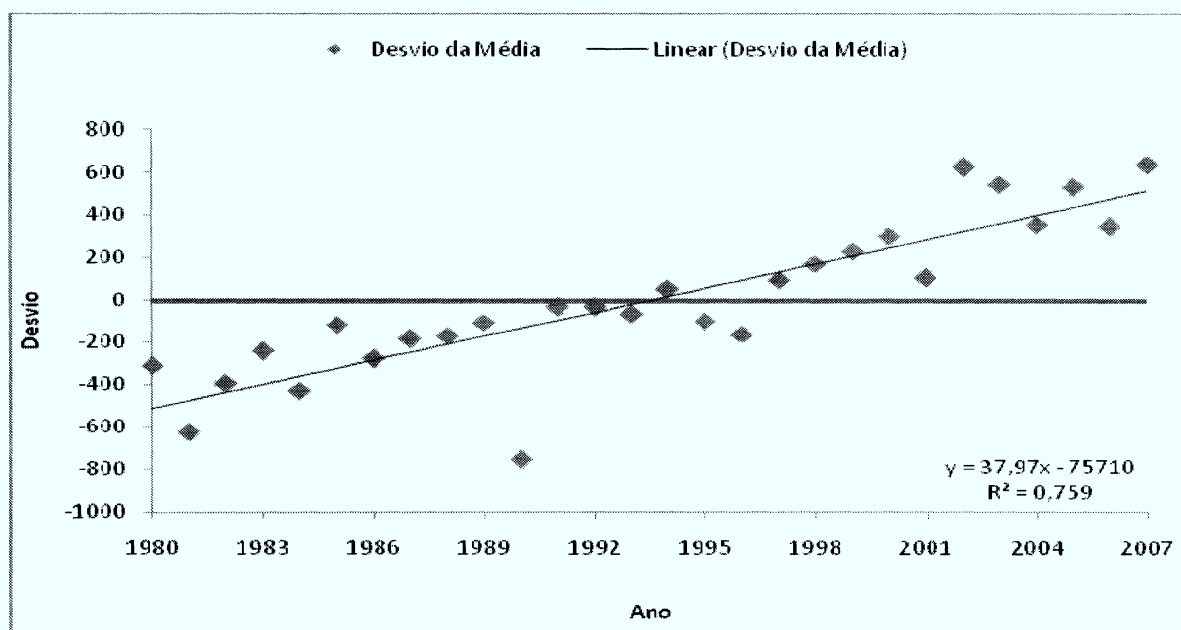


Gráfico 24: Desvio da média para a soja em Minas Gerais, entre os anos de 1980 a 2007.

Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

4.3. Paraná

4.3.1. Milho

O primeiro gráfico mostra que houve crescimento da produtividade para a série temporal, chegando a 5.182 kg/ha em 2007. Há uma tendência positiva de crescimento nítida para todo o período (1980-2007), com coeficiente de determinação da regressão linear igual a 0,812.

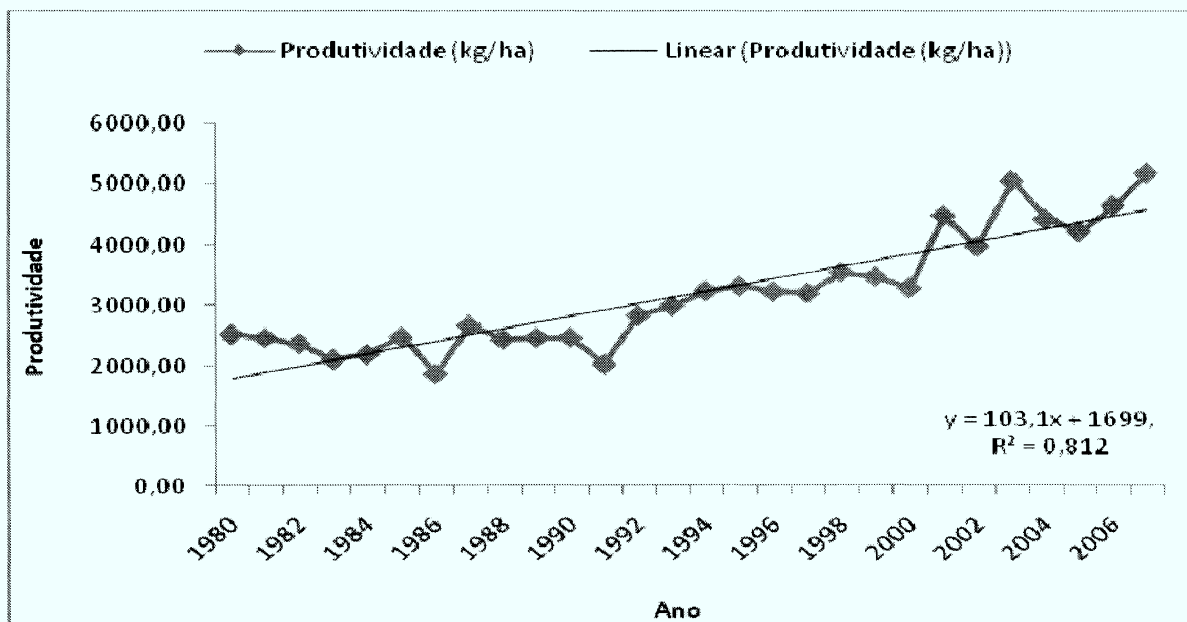


Gráfico 25: Produtividade do milho no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.

Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

No teste de Mann-Kendall a hipótese nula de não existência de tendência é rejeitada e revela que o ponto de início da tendência detectado pela análise gráfica do cruzamento das duas curvas ocorre entre os anos de 1997 e 1998 com nível de significância elevado. O teste de Pettitt confirma a quebra da série neste mesmo período. A sinuosidade na curva do gráfico 27 é consequência dos picos de queda de produtividade nos anos de 1986 e 1991.

Ainda, pelo gráfico de desvio da média, pode-se perceber que a diferença entre a produtividade e a média já se torna positiva em 1994, ficando igual a média nos anos de 1996 e 1997 e a partir daí as diferenças aumentam e se tornam progressivamente maiores que a média.

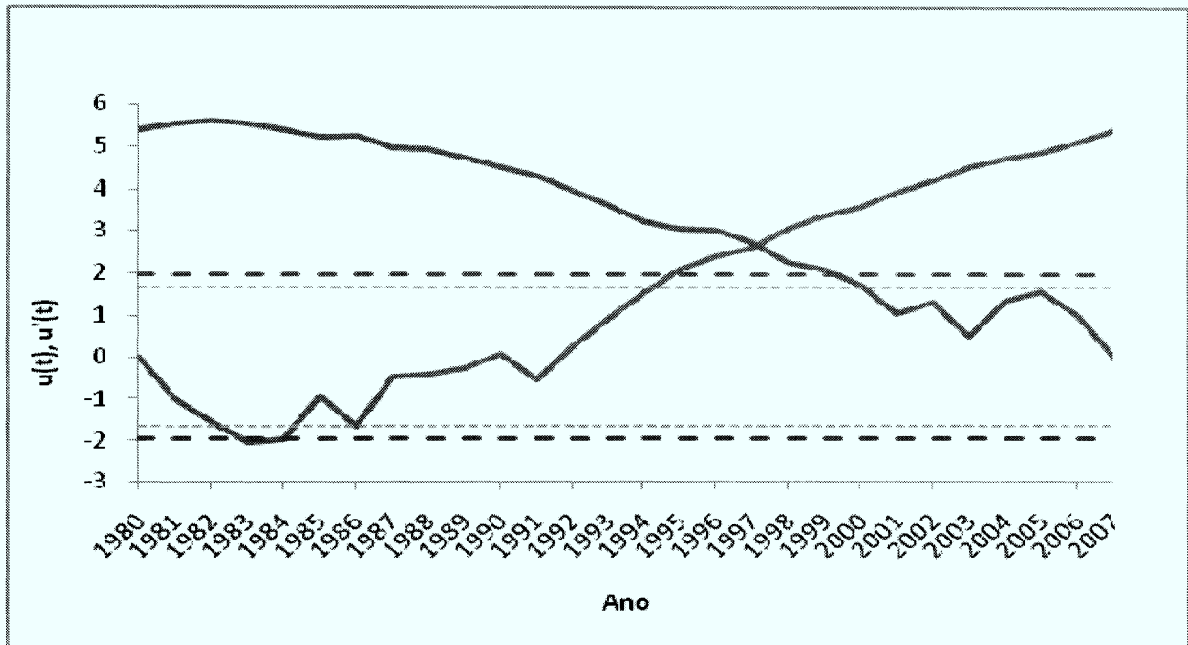


Gráfico 26: Teste de Mann-Kendall para o milho no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

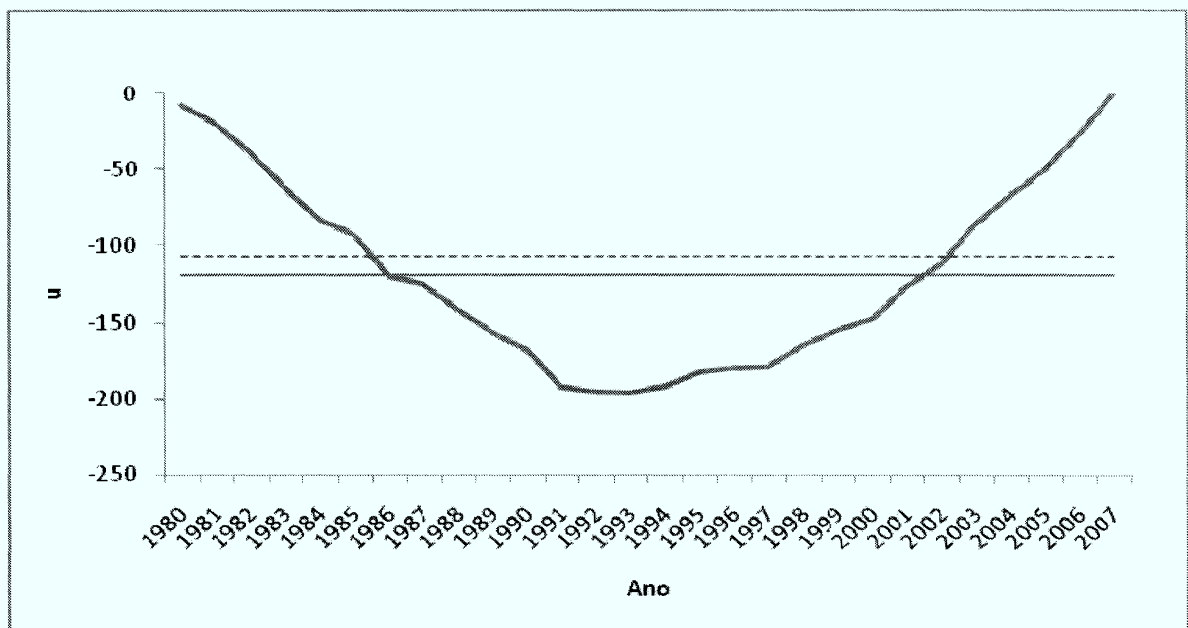


Gráfico 27: Teste de Pettitt para o milho no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

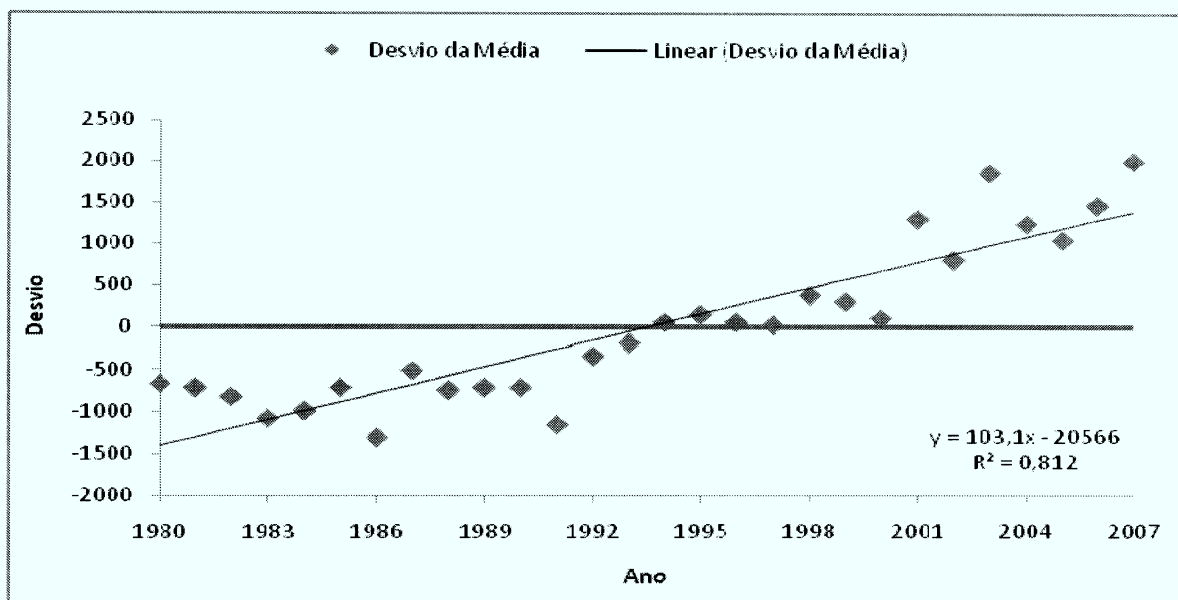


Gráfico 28: Desvio da média para o milho no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

4.3.2. Soja

O gráfico da produtividade da cultura da soja para o estado do Paraná aponta para uma tendência de crescimento da produtividade no período em estudo, porém bastante oscilação em relação à linha de tendência.

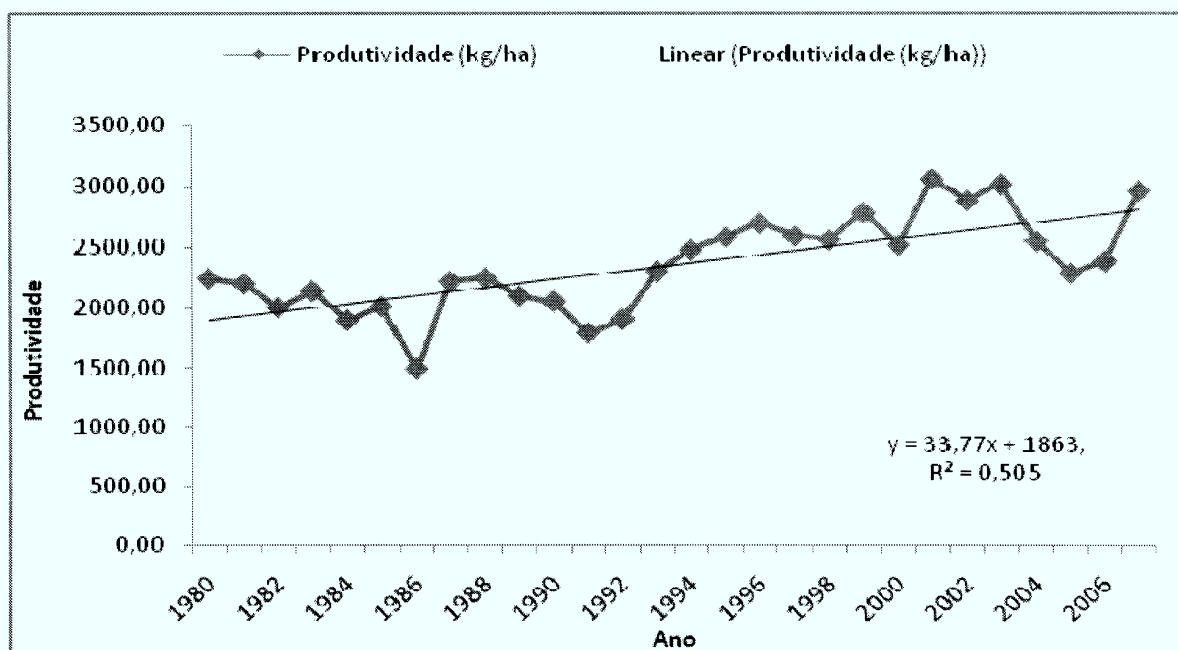


Gráfico 29: Produtividade da soja no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

Ainda, o teste de Mann-Kendall apresentado no gráfico seguinte mostra a existência de uma tendência significativa para a série temporal, sendo que o cruzamento da curva progressiva e da regressiva ($u(t)$ e $u'(t)$) ocorre entre os anos de 1995 e 1996 em nível de significância elevado ($\alpha_0 = 0,05$).

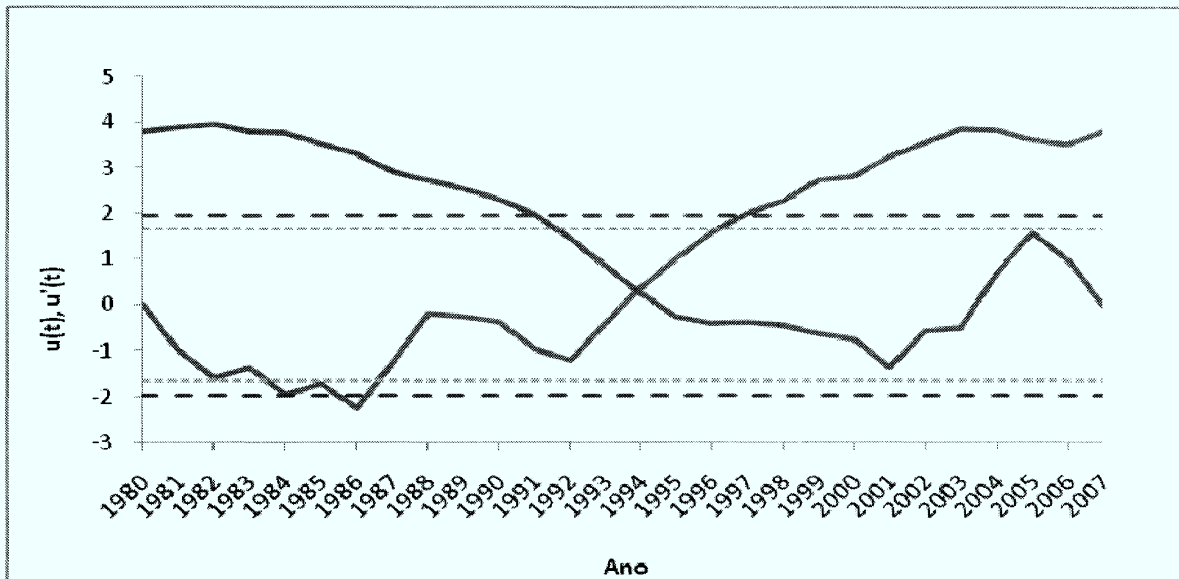


Gráfico 30: Teste de Mann-Kendall para a soja no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

O teste de Pettit localiza o ponto em que houve mudança brusca na média da série entre os anos de 1994 e 1995, assim como no estado de Minas Gerais. De acordo com o gráfico 32, 1994 se encontra abaixo da média, com desvios crescentemente positivos a partir de 1995, com outro desvio negativo em relação à média apenas para o ano de 2005. Esta característica da série pode ser vista facilmente no gráfico com o teste de Pettit, que apresenta um vale em 1993-1994, e cresce após este período.

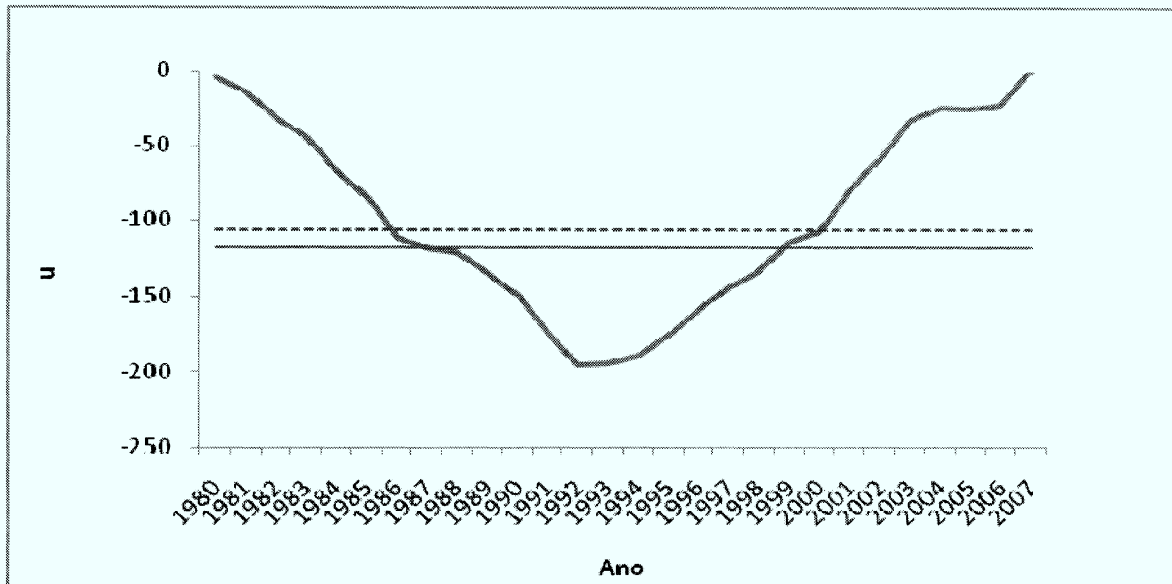


Gráfico 31: Teste de Pettitt para a soja no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados da pesquisa.

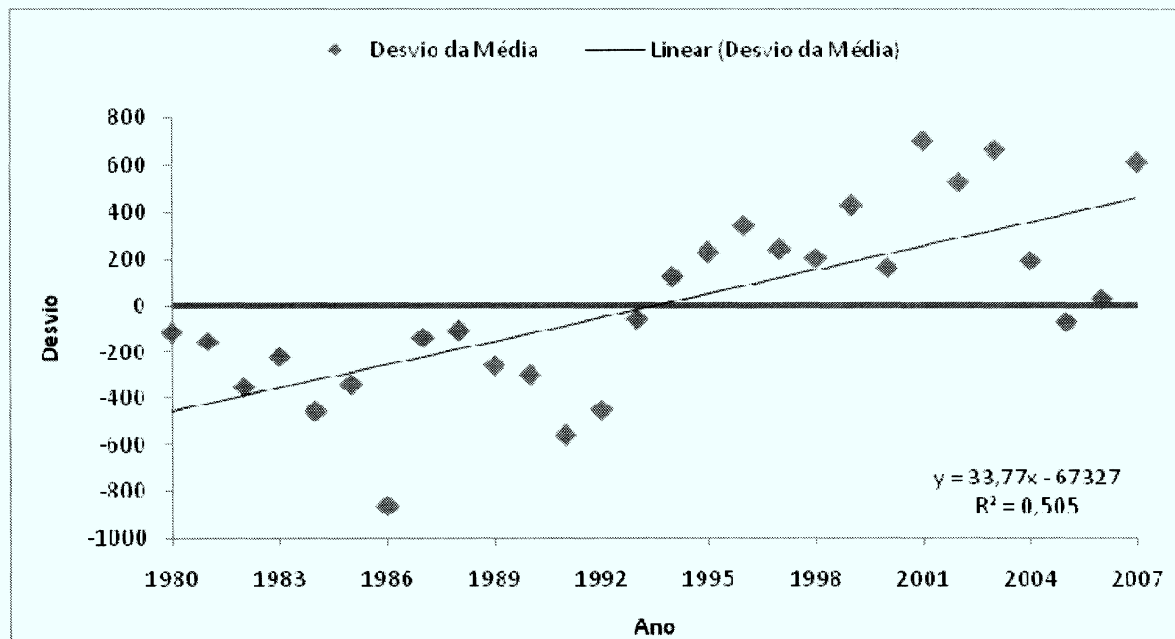


Gráfico 32: Desvio da média para a soja no Paraná, entre os anos de 1980 a 2007.
 Fonte: autoria própria, com base nos dados do IBGE (2009).

5. Conclusão

A agricultura brasileira passou por uma forte modernização nos últimos 30 anos e seu crescimento dependeu muito mais do aumento da produtividade que da expansão agrícola. A pesquisa agropecuária foi um dos principais motores neste processo de modernização e crescimento da produtividade.

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos surgiu em 1996 como parte deste processo de modernização através da pesquisa, como indutor tecnológico, e se baseia em informações de solos, de clima e de plantas para identificar áreas aptas ao plantio, além do período de semeadura e cultura corretos.

Destaca-se que a queda dos riscos climáticos deveu-se principalmente a três fatores: melhor seleção do material genético, pelas regras de cultivares do MAPA; plantio em solos com média e alta capacidade de retenção de água; e risco máximo de 20% para as condições climáticas necessárias para o melhor crescimento da cultura.

A produção de grãos no país apresentou um crescimento de mais 79 milhões de toneladas de 1980 até 2007. Neste período, a expansão agrícola aumentou em 14%, em contraposição à elevação de mais de 120% na produtividade. Em relação aos produtos, destaque foi dado ao milho e à soja que mostraram uma elevação na produção de 141% e 277% respectivamente.

Pela análise dados de Produtividade Total dos Fatores foi identificado um aumento excepcional da produtividade do trabalho, da terra e do capital a partir de meados da década de 1970.

A taxa de produtividade do trabalho cresceu 5,81% ao ano, relacionado à melhor qualificação dos trabalhadores e ao crescimento da utilização de máquinas

automotrizes nos trabalhos da agropecuária. Enquanto isso, as taxas de produtividade do capital e a da terra aumentaram respectivamente em 4,67% e 3,26% ao ano, elevadas principalmente pelo uso de novas tecnologias. No caso da terra houve também o processo de incorporação de novas áreas na lavoura temporária, resultado de pesquisas de cultivares adaptáveis a ambiente adversos, como no Cerrado, e de reaproveitamento de espaço, caso do milho de segunda safra.

Desta maneira, evidencia-se a forte relação entre o aumento de produtividade na lavoura e a pesquisa agrícola. De acordo com este dado, os testes realizados procuraram analisar o impacto do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos no aumento da produtividade.

Para as culturas do milho e da soja nos estados de São Paulo e Minas Gerais o ponto de cruzamento das curvas do teste de Mann-Kendall ocorreu entre os anos de 1995 e 1996, ano de início do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos nestas regiões. Em todas elas a hipótese nula de não existência de tendência significativa foi rejeitada, com a padronização da estatística $u(t)$ dentro do intervalo de confiança de 95%.

O teste de Pettitt, por sua vez, apontou quebra de tendência em São Paulo no período entre 1993 e 1994 para as duas culturas e em Minas Gerais 1996-1997 para o milho e 1992-1993 para a soja.

Com relação ao estado do Paraná, o teste de Mann-Kendall apontou tendência significativa nas séries históricas de dados tanto no caso do milho quanto da soja, mas o ponto de alteração na tendência de crescimento ocorreu em 1997 para o milho e em 1994 para a soja. No entanto, de acordo com o teste de Pettitt, o ponto de quebra da tendência ocorreu entre 1991 e 1992 para as duas culturas. É

importante ressaltar que os desvios de produtividade em relação à média apresentaram picos de queda nos anos de 1995 e 1996 tanto para o milho quanto para a soja.

A partir dos dados apresentados e dos testes realizados conclui-se que a produtividade nas lavouras de milho e soja para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná vem apresentando crescimento acelerado desde a última metade dos anos 1990 coincidentemente com o início do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos no Brasil. Este resultado leva a aceitação da hipótese de que o Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos têm contribuído para o crescimento da produtividade na agricultura brasileira.

Referências

ALVES, E. R. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: Ana Christina Sagebin Albuquerque; Aliomar Gabriel da Silva. (Org.). **Produção e Produtividade Agrícola**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 67-99.

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.246, p.47-60, 2008.

ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J. ; PINTO, H. S. Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos. In: Ana Christina Sagebin Albuquerque; Aliomar Gabriel da Silva. (Org.). **Produção e Produtividade Agrícola**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, p. 1291-1337.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BUAINAIN, A. M. (Coord.). **Agricultura Familiar e Inovação Tecnológica no Brasil Características, Desafios e Obstáculos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. v. 1. 238 p. Coleção Agricultura, Instituições e Desenvolvimento Sustentável.

BUAINAIN, A. M. ; DEDECCA, C. . Emprego e trabalho na agricultura brasileira. In: Antonio Márcio Buainain; Claudio Dedecca. (Org.). **O Mercado de Trabalho Rural no Brasil Contemporâneo**. Brasília: IICA, 2008, p.19 – 62. Série Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 9.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safras**. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 1 mai. 2009.

CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.377-385, 2001. Número Especial - Zoneamento Agrícola.

DEMARÉE, G.R. Na indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian Station. **Theoretical and Applied Climatology**. Brussels: v. 42, p.139-147, 1990.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M. P. Crescimento da agricultura e produtividade da mão-de-obra no Brasil. In: Antonio Márcio Buainain; Claudio Dedecca. (Org.). **O Mercado de Trabalho Rural no Brasil Contemporâneo**. Brasília: IICA, 2008a, p.195 - 246. Série Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 9.

GASQUES, J.G.; BASTOS, E.T.; BACCHI, M. P. Produtividade e fontes de crescimento na agricultura brasileira. In: NEGRI, J. A., KUBOTA, L. C. (ed.). **Políticas de Incentivo à inovação tecnológica**. Brasília: Ipea, 2008b.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. Transformações estruturais da agricultura e a produtividade total dos fatores. In: GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. (Orgs.). **Transformações da agricultura e políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2001.

GROSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

GUIMARÃES, E. **Os desafios da política agrícola**. Trabalho apresentado no Seminário Perspectivas para o Agribusiness em 2007 e 2008. São Paulo, 24 de abril de 2007.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2009.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relações Internacionais**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 15 mai. 2009.

MORAES, J. M.; PELLEGRINO, G.; BALLESTER, M. V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. **Anais**. Recife: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. p. 27-32.

MORAES, J.M.; GENOVEZ, A.M.; MORTATTI, J.; BALLESTER, M.V.; KRUSCH, A.V., MARTINELLI, L.A. & VICTORIA, R.L. Análise de intervenção das séries temporais de vazão dos principais rios da bacia do Rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 65-79, 1997.

ÖNÖZ, B.; Bayazit, M. The Power of Statistical Tests for Trend Detection. **Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences**. Istanbul, v. 27, n.4, p. 247-251, 2003.

PETTITT, A.N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, London, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

ROSSETI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.386-399, 2001. Número Especial - Zoneamento Agrícola.

SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des series d'observations. **OMM Note Technique**. Genève, n. 143, 192 p., 1975.

SNEYERS, R; VANDIEPENBEECK, M.; VANILIERDE, R.; DEMAREE, G.R. Climatic changes in Belgium as appearing from the homogenized series of observations made in Brussels – Uccle (1933-1988) In: SCHIETECAT, G.D (ed.) **Contributions à l'étude des changements de climat**. Bruxelles: Institut Royal Meteorologique de Belgique, 1990. Publications Série 124. p.17-20.