



Universität Hohenheim

Institute of Agricultural Economics and Social Sciences in the Tropics and Sub-tropics

Department of Land Use Economics in the Tropics and Sub-tropics- 490d

Doctoral Thesis supervised by
Prof. Dr. Thomas Berger

Land Use Change, Agricultural Intensification and Low-Carbon Agricultural Practices in Mato Grosso, Brazil

Submitted by

Juliana Dias Bernardes Gil
Wollgrasweg 43
70599 Stuttgart

Hohenheim, 2016

**This work was financially supported by the
Deutscher Akademischer Austausch Dienst through
the Food Security Center – FSC/UHOH**

Executive summary

The process of land use change in Brazil has implications for food security, climate change and socioeconomic development at the local, regional and global levels. Largely driven by agricultural expansion over the past decades, such processes are likely to become even more pronounced in the coming years as Brazil is expected to satisfy a significant share of the global demand for food and energy.

In an effort to prevent further forest clearance and associated greenhouse gases (GHG) emissions, the Brazilian Federal Government has been promoting agricultural intensification through farming practices able to increase crop and livestock productivity while restoring degraded lands. Particular attention has been dedicated to the beef cattle sector in Mato Grosso state, a globally important center of agricultural production in Southern Amazonia, where some of the highest crop productivity levels contrast with pastures of low average stocking rates.

Two agricultural intensification strategies of growing importance in Mato Grosso are pasture to crop conversion (P2C) and integrated crop-livestock-forest systems (IS). While the first is a consequence of cropland expansion on pastures and might continue to happen through expected shifts in the relative profitability of certain commodities, the second entails the adoption of complex management practices and may be conditional on incentives and the existence of a favorable institutional context. Even though the Federal Government has already established policies and programs to promote P2C and IS and relies on both to reduce its total GHG emissions, the level of IS adoption remains low and many aspects of P2C and IS – including the drivers, barriers and impacts associated to their adoption – are poorly understood.

This thesis attempts to shed light on some of these uncertainties, so as to elucidate questions related to *where*, *how* and *why* P2C and IS happen. Using a combination of qualitative and quantitative research methods such as surveys, focus groups, remote sensing, spatial econometrics and agent-based modeling, it seeks a better understanding of the interplay between farmers' characteristics and preferences, supply chain infrastructure, market conditions and institutional factors, as well as how these may constrain or catalyze specific LUC pathways. Based on these findings, it ultimately compares the impacts of P2C and IS and concludes that the latter may offer greater benefits.

The first chapter (Introduction) contextualizes the research questions explored in the

subsequent chapters by offering an overview of land use change in Brazil and briefly reviewing the literature on agricultural intensification. The following chapters (2, 3, 4 and 5) form the core of the thesis and correspond to scientific publications developed during the Ph.D. program, all focused on the state of Mato Grosso. Results are analyzed in an integrated manner in the last chapter (Discussion & Conclusion) considering the broader implications of agricultural intensification through P2C and IS, leading to final policy recommendations.

Chapter 2 is dedicated to quantifying P2C and investigating its drivers. It reveals that: i) cattle vs. soy profitability and land prices do not fully explain P2C location; ii) land attributes on which classical agricultural development theories are based, may favor P2C but do not fully explain it; and iii) socioeconomic and institutional constraints are important in controlling pasture conversion, including non-productive sources of utility, producers' perception of contract enforcement, land markets and P2C-related transaction costs.

Chapters 3, 4 and 5 are dedicated to IS. Chapter 3 reveals the state-of-the-art of IS and how farmers perceive it, showing that: i) IS were concentrated in less than a third of the counties of Mato Grosso state – most of which were crop-livestock systems (iCL); ii) producers usually adopted one of three iCL strategies; and iii) the strategy choice was correlated with the land use transition undergone by each producer. Building on these findings, chapter 4 examines the determinants of wide-scale IS adoption and assesses the importance of household- and county-level variables, revealing that: i) adopters of iCL systems are better educated and have more access to technical assistance than specialized producers; ii) greater similarity exists between counties with iCL systems and soy-dominant vs. pasture-dominant counties; and iii) the presence of soy and pasture in a county is not a predictor of the occurrence of iCL systems. Finally, chapter 5 employs a bio-economic model that assesses how effective credit provision is in supporting the adoption of low-carbon systems – specifically IS and planted forests. The model simulates future land use changes in Mato Grosso under different credit scenarios and suggests that: i) credit has the potential to prompt greater adoption of IS; and ii) changes in the credit conditions (e.g. interest rates, down payment share and capital requirements) influence local and regional rates of IS adoption differently.

Most existing studies on land use change in Brazil are limited to the debate between intensification vs. extensification and tend to project the effects of intensification at an aggregate level, overlooking the different drivers and impacts of specific intensification pathways. By exploring the particularities of IS and P2C, this work offers evidence that these are

two distinct intensification strategies with widely different impacts – and, thus, should not be treated indistinguishably by policy makers. The merit of this thesis relies not only on its innovative theoretical approach, but also on its multidisciplinary and multi-scale nature. Through the mapping, measurement, description and interpretation of IS and P2C, it provides results able to inform policy making, facilitate the monitoring of existing policies and set the ground for subsequent research.

Zusammenfassung

Landnutzungsänderungen in Brasilien wirken sich auf Ernährungssicherheit, Klimawandel und sozioökonomische Entwicklungen auf lokaler, regionaler und globaler Ebene aus. Da diese Landnutzungsänderungen hauptsächlich durch die Ausdehnung landwirtschaftlicher Flächen hervorgerufen worden, ist anzunehmen, dass sie sich in den nächsten Jahren noch verstärken werden, sofern Brasilien wie erwartet einen bedeutenden Anteil zur weltweiten Nahrungsmittel- und Energieproduktion beitragen wird.

Um weitere Waldrodungen und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen zu verhindern, fördert die Brasilianische Bundesregierung eine landwirtschaftliche Intensivierung, die gleichzeitig die Produktivität pflanzlicher und tierischer Produktionsverfahren erhöhen als auch degradierte Flächen regenerieren soll. Besonders im Fokus steht hierbei die Rindermast im Bundesstaat Mato Grosso, einem weltweit bedeutenden landwirtschaftlichen Produktionszentrum im südlichen Amazonien. Während die dortige Pflanzenproduktion mit die höchste Produktivität aufweist, finden sich hier gleichzeitig eher niedrige Besatzdichten in der Tierhaltung.

Zwei landwirtschaftliche Intensivierungsstrategien mit zunehmender Bedeutung in Mato Grosso sind der Gründlandumbruch (pasture to crop conversion - P2C) sowie integrierte Produktionssysteme (Pflanzenproduktion – Viehhaltung – Forstwirtschaft) (IS). Während erstere zumeist eine Folge der Ausweitung der Pflanzenproduktion auf Weideland ist, ausgelöst durch erwartete Änderungen in der relativen Profitabilität der verschiedenen Produkte, bedarf letztere der Übernahme komplexer Produktionstechniken und möglicherweise staatlicher Anreize und günstiger institutioneller Rahmenbedingungen. Auch wenn die brasilianische Regierung zur Treibhausgasreduzierung bereits Förderprogramme für P2C und IS aufgelegt hat, ist die Übernahme integrierter Systeme weiterhin selten und viele Aspekte von P2C und IS wie Triebkräfte, Hindernisse und Auswirkungen sind noch nicht ausreichend verstanden.

Die vorliegende Arbeit versucht einige dieser Aspekte zu erhellen, indem sie der Frage nachgeht *wo*, *wie* und *warum* es zur Anwendung von P2C und IS kommt. Sie kombiniert qualitative und quantitative Analysemethoden wie Befragungen, Fokusgruppen, Fernerkundung, räumliche Ökonometrie und agentenbasierte Modellierung, um zu verstehen wie die Wechselwirkungen zwischen Eigenschaften und Präferenzen der Produzenten, der Infrastruktur

der Lieferkette, den Marktbedingungen und institutionellen Faktoren bestimmte Landnutzungspfade fördern oder behindern. Darauf basierend vergleicht es letztlich die Auswirkungen von P2C und IS und schlussfolgert das letztere die größeren Vorteile bietet.

Das erste Kapitel (Einführung) führt in den Kontext der Fragestellung ein und bietet einen Überblick über die Landnutzungsänderungen in Brasilien sowie die Literatur zur landwirtschaftlichen Intensivierung. Die folgenden Kapitel (2-5), der Hauptteil der Arbeit, entsprechen wissenschaftlichen Veröffentlichungen mit dem Fokus auf Mato Grosso, die im Rahmen des Promotionsstudiengangs erstellt wurden. Die Ergebnisse werden im letzten Kapitel (Diskussion und Schlussfolgerungen) zusammengeführt, welches die Folgen einer landwirtschaftlichen Intensivierung mittels P2C und IS erörtert und Vorschläge zur Politikgestaltung ableitet.

Kapitel 2 widmet sich der Quantifizierung des Weidelandumbruchs (P2C) und untersucht die zugrundeliegenden Antriebskräfte. Es zeigte sich, dass i) Profitabilitätsunterschiede zwischen Soja und Rindfleisch sowie Bodenpreise allein die räumliche Verteilung von P2C nicht vollständig erklären können; ii) Bodeneigenschaften, auf denen klassische landwirtschaftliche Entwicklungstheorien beruhen, begünstigen P2C, aber erklären ihn nicht vollständig, und iii) sozioökonomische und institutionelle Hürden spielen eine bedeutende Rolle, u.a. zusätzlicher, nicht-produktionsorientierter Nutzwert des Landes, Vertragsdisziplin, der Bodenmarkt und mit P2C verbundene Transaktionskosten.

Kapitel 3, 4 und 5 widmen sich integrierten Systemen (IS). Kapitel 3 behandelt den Stand der Technik im Bezug auf IS und wie er von den Produzenten wahrgenommen wird. Es zeigt sich, dass i) IS sich in weniger als einem Drittel der Gemeinden Mato Grossos finden und zu einem Großteil integrierte Pflanzenbau-Viehhaltungssysteme sind (iCL); ii) die Produzenten in der Regel eine von drei iCL-Strategien wählen; iii) die Wahl der Strategie mit der Landnutzungsentwicklung der einzelnen Produzenten korreliert. Darauf aufbauend untersucht Kapitel 4 die Bestimmungsgründe einer ausgedehnten Übernahme von IS auf Produzenten- und Gemeindeebene. Es zeigt sich, dass i) Nutzer von iCL-Systemen besser ausgebildet sind und besseren Zugang zu technischer Unterstützung als spezialisierte Produzenten haben; ii) Gemeinden mit iCL-Systemen mehr Gemeinsamkeiten mit Soja-dominierten als mit Weideland-dominierten Gemeinden aufweisen; und iii) die Präsenz von sowohl Soja- als auch Weideflächen in einer Gemeinde noch keine Vorhersage über die Präsenz von iCL in dieser Gemeinde erlaubt. Kapitel 5, schließlich, verwendet ein bioökonomisches Modell, dass untersucht wie effektiv die

Bereitstellung von Krediten zur Förderung von Low-Carbon Systems – besonders IS und Aufforstung ist. Das Modell simuliert zukünftige Landnutzungsänderungen in Mato Grosso unter verschiedenen Kreditszenarien. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass: i) Kreditvergabe zu einer stärkeren Übernahme von IS führen kann; ii) Veränderungen der Kreditkonditionen (u.a. Zinsen, Anzahlung, Kapitalbedarf) unterschiedlichen Einfluss auf locale und regionale Adoptionsraten von IS haben.

Die meisten vorhergehenden Studien, die sich mit Landnutzungsänderungen in Brasilien befasst haben, beschränkten sich auf eine Kontrastierung von Intensivierung und Extensivierung und projizierten Intensivierungsfolgen auf aggregierter Ebene. Sie übersehen dabei die unterschiedlichen Triebkräfte und Auswirkungen spezifischer Intensivierungsstrategien. Die vorliegende Arbeit jedoch liefert Belege dafür, dass die beiden hier untersuchten Intensivierungsstrategien P2C und IS stark divergierende Auswirkungen haben – und aus diesem Grund nicht undifferenziert behandelt werden sollten. Der Beitrag der Arbeit liegt hierbei nicht nur in ihrem innovativen theoretischen Ansatz, sondern auch in ihrer multidisziplinären und mehrskaligen Perspektive. Durch Kartierung, Messung, Beschreibung und Interpretation von IS und P2C, generiert sie die Voraussetzung für Politikgestaltung, Monitoring bestehender Programme und bereitet den Weg für weitere Forschungsarbeiten.