

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**PLANEJAMENTO AGRÍCOLA: PROJETO DO PARQUE DE
MÁQUINAS NO BIOMA CERRADO.**

Maria Clara Rodrigues Pinheiro

Brasília, junho de 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**PLANEJAMENTO AGRÍCOLA: PROJETO
DO PARQUE DE MÁQUINAS NO BIOMA
CERRADO.**

Maria Clara Rodrigues Pinheiro

Relatório submetido como requisito para obtenção do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Profª. Dra. Andrea C. dos Santos, UnB/EPR (Orientadora)	_____
Dr. Claudio A. B. Franz, EMBRAPA (Co-orientador externo)	_____
Prof. Dr. Clóvis Neumann, UnB/EPR (Membro interno)	_____
Prof. Dr. Fávio Vidal, UnB/CIC (Membro externo)	_____

Brasília, 30 de junho de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

Clara Rodrigues Pinheiro, Maria
Planejamento Agrícola: projeto do parque de máquinas no bioma Cerrado. / Maria Clara Rodrigues Pinheiro; orientador Andrea Cristina dos Santos. - Brasília, 2016. 71 p.

Trabalho de Graduação (Engenharia de Produção) - Universidade de Brasília, 2016.

1. Planejamento Agrícola. 2. Mecanização Agrícola.
3. Integração Lavoura-Pecuária. 4. Estados de Consistência do Solo. I Cristina dos Santos, Andrea. II. Produção/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHEIRO, M.C.R., (2016). Planejamento Agrícola: projeto do parque de máquinas no bioma cerrado. Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Maria Clara Rodrigues Pinheiro

TÍTULO DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO: Planejamento agrícola: Projeto do parque de máquinas no bioma cerrado.

GRAU: Engenharia de Produção

ANO: 2016

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Graduação pode ser reproduzida nem modificada sem autorização por escrito do autor.

Dedicatória

*Aos meus pais, Veraldo e Cleonice,
pelo apoio e dedicação para que eu
tivesse a melhor formação possível.*

*Aos meus irmãos, Pedro e Marcelo,
por serem minhas fontes de inspiração.*

AGRADECIMENTOS

Todos esses anos passados na UnB me proporcionaram experiências enriquecedoras e desafiadoras. Nela pude conhecer diversas pessoas que passaram a fazer parte da minha história e do que sou hoje. Gostaria de agradecer todos aqueles que, de alguma forma, participaram da minha formação, dedicando seu tempo para tornar minha graduação algo inesquecível.

Agradeço à minha orientadora e ao meu co-orientador, pelo tempo e paciência dedicados, ideias e experiências compartilhadas, conversas inspiradoras. Serei eternamente grata pela oportunidade de iniciar minha carreira com pessoas tão extraordinárias.

Aos pesquisadores da EMBRAPA Cerrados que participaram da construção deste projeto, em especial a Claudio Alberto Bento Franz (co-orientador) e Fernando Antônio Macena Silva.

Aos funcionários e gestores da fazenda Santa Brígida pela prontidão em nos ajudar no que fosse necessário para desenvolver a pesquisa, e todo o suporte prestado durante seu desenvolvimento.

A todos meus amigos e amigas que de diversas formas me acompanharam, e me mantiveram motivada e determinada a atingir meus objetivos.

À minha família, minha sustentação e fonte de inspiração.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente estudo tem por finalidade aplicar uma metodologia de dimensionamento de parques de máquinas, adaptada a Unidades de Produção Agrícola que façam uso do sistema de produção Integração Lavoura-Pecuária (ILP) no Bioma Cerrado. Frente a necessidade de estudos que deem aporte à tomada de decisão do produtor rural, surge a proposta deste estudo. A aplicação da metodologia diferencia-se ao considerar os aspectos físicos do solo na interface de relacionamento com implementos e máquinas agrícolas. Os estados de consistência do solo influenciam no consumo energético, e a entrada de máquinas no campo em um estado de consistência inapropriado poderá causar danos ao solo. A metodologia foi validada em uma Fazenda no estado de Goiás que utiliza o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), os resultados desta ratificaram que as demandas energéticas variam conforme o estado de consistência em que são utilizadas as máquinas traduzindo-se em custos de produção.

Palavras Chave: integração lavoura-pecuária, mecanização agrícola, planejamento agrícola, estados de consistência do solo.

ABSTRACT

The present study aims to apply a methodology for design of machine parks, adapted to Agricultural production units that make use of the system of production Crop-Livestock Integration (ICL) in the Cerrado biome. Facing the need of studies that give contribution to the decision-making process of the rural producer, comes the proposal of this study. The application of the methodology differentiated itself by considering the physical aspects of the ground in the relationship interface with implements and agricultural machinery. The soil consistency influences the energetic consumption, and the use of machinery in the field in states of consistency inappropriate can cause damages to the ground. The studied methodology based in operations schedule or necessary activities for the system, soil conditions, climate and energetic demand for operations. The methodology has been survey on a farm at Goiás, this property adopts Integrated Crop-Livestock-Forest systems (ICLF), the search results on the farm ratified the variation of soil consistency impacts on the power required for the machine park, resulting in highest production costs.

Keywords: crop-livestock integration, agricultural mechanization, agricultural planning, soil consistency.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização	11
1.2 Proposta.....	12
1.3 Objetivo Geral	13
1.3.1 Objetivos Específicos.....	13
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Sistemas Integração.....	14
2.2 Administração de Produção	16
2.2.1 Planejamento e Controle da Produção	19
2.2.2 Planejamento Agrícola	21
2.3 Dimensionamento do Parque de Máquinas	23
2.4 Balanço Hídrico.....	28
2.5 Física dos solos	29
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	32
3.1 Definir uma Estrutura Conceitual-Teórica	34
3.2 Planejamento do Caso	35
3.2.1 Metodologia utilizada para a determinação dos limites de consistência.....	38
3.2.2 Determinação do balanço hídrico do solo	38
3.2.3 Cálculo do dimensionamento do parque de máquinas	40
CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO	41
4.1 Caracterização da Empresa	41
4.2 Resultados dos Ensaios dos Limites de Consistência	44
4.3 Resultado do Balanço Hídrico.....	46
4.4 Dimensionamento do parque de máquinas.....	50
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXO	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conteúdos Explorados na revisão bibliográfica.....	14
Figura 2 - Exemplo de uso da terra em sistemas convencionais e em Sistemas de Integração Lavora-Pecuária.....	16
Figura 3 - Modelo geral da administração da produção.....	17
Figura 4 - Relacionamento das quatro funções da administração.....	18
Figura 5 - Modelo de transformação.....	19
Figura 6 - Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas.....	20
Figura 7 - Elementos de entrada do processo de seleção de máquinas e implementos.....	25
Figura 8 - Planejamento para seleção.....	25
Figura 9 - Planejamento para aquisição.....	26
Figura 10 - Modelo de balanço hídrico.....	28
Figura 11 - Estados de consistência do solo.....	30
Figura 12 - Estados de consistência do solo.....	30
Figura 13 - Estados de consistência do solo.....	31
Figura 14 - Condução do Estudo de Caso.....	34
Figura 15 - Imagem de satélite da área experimental.....	37
Figura 16 - Gráfico de precipitação pluvial média (mm), médias de temperatura máxima, mínima e média (°C) entre os anos de 1961 e 2009.....	37
Figura 17 - Áreas, em hectares, da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, GO. (ARL: área de reserva legal; APP: área de preservação permanente; AUA: área de uso alternativo).....	41
Figura 18 - Glebas da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, GO.....	43
Figura 19 - Compilação dos gráficos de conteúdo de água no solo.....	10
Figura 20 - Gráfico da curva de retenção de água.....	64
Figura 21 - Gráfico das análises para o mês de setembro.....	67
Figura 22 - Gráfico das análises para o mês de outubro.....	67
Figura 23 - Gráfico das análises para o mês de novembro.....	68
Figura 24 - Gráfico das análises para o mês de dezembro.....	68
Figura 25 - Gráfico das análises para o mês de janeiro.....	69
Figura 26 - Gráfico das análises para o mês de fevereiro.....	69
Figura 27 - Gráfico das análises para o mês de março.....	70
Figura 28 - Gráfico das análises para o mês de abril.....	70
Figura 29 - Gráfico das análises para o mês de maio.....	71
Figura 30 - Gráfico das análises para o mês de junho.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relações para calcular a potência no motor dos tratores.	27
Tabela 2 - Classificação do trabalho com base em Kauark, Manhães, Medeiros (2010) e Silva e Menezes (2005).	33
Tabela 3 - Parâmetros de entrada para estimação da curva de retenção de água e simulação no software SARRA.	39
Tabela 4 - Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) utilizados na Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, Go, nas safras de verão de 2006/2007 a 2011/2012.	42
Tabela 5 - Culturas cultivadas durante a safra de verão e safrinha.	44
Tabela 6 - Resultados medidos no ensaio de liquidez de 0 a 20 cm de profundidade.	44
Tabela 7 - Resultados medidos no ensaio de liquidez de 20 a 30 cm de profundidade.	45
Tabela 8 - Resultados medidos no ensaio de plasticidade de 20 a 30 cm de profundidade.	45
Tabela 9 - Resultados medidos no ensaio de plasticidade de 0 a 20 cm de profundidade.	46
Tabela 10 - Quantidade de dias disponíveis para trabalho	50
Tabela 11 - Jornada de trabalho diária para as operações agrícolas de Semeadura direta, Pulverização e Colheita.	51
Tabela 12 - Eficiência e velocidade (Km/h) para as operações de Semeadura direta, Pulverização e Colheita.	51
Tabela 13. Cronograma de operações de set/2015 a junho/2016.	52
Tabela 14 - Capacidade Operacional e requisitos do sistema.	53
Tabela 15 - Potências para as larguras de trabalho selecionadas de cada cultura.	53
Tabela 16 - Dimensionamento do sistema.	54
Tabela 17 - Parâmetros gerados para o cálculo da curva de retenção de água.	63
Tabela 18 - Dados da curva de retenção de água.	63
Tabela 19 - Quantidade de máquinas da fazenda Santa Brígida.	65
Tabela 20 - Quantidade de implementos da fazenda Santa Brígida.	65
Tabela 21 - Probabilidades diárias de acerto na previsão de cada dia, calculada pelo teste de hipóteses assumindo uma distribuição normal dos dados.	66

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1. 1 Contextualização

O Cerrado brasileiro estende - se em uma área de aproximadamente 205 milhões de hectares, representando cerca de 24% do território nacional. Sua posição é considerada estratégica, pois se encontra entre o leste desenvolvido e a região amazônica. O bioma abrange o Distrito Federal e os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, bem como áreas no norte do Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e ao sul em pequenas regiões do Paraná. (BALBINO, BARCELLOS & STONE, 2011)

O clima do bioma é tropical, com a temperatura média variando entre 21,3 e 27,2°C. As precipitações pluviométricas ocorrem em dois períodos marcantes – seco e chuvoso – os quais variam, temporalmente, de região em região. Sua precipitação média anual é de cerca de 1.500 mm. O relevo da região distribui - se entre plano e ondulado, o que favorece a agricultura mecanizada e a irrigação (BALBINO, BARCELLOS & STONE, 2011). Segundo Lobato e Souza (2002) seus solos são predominantemente velhos, isto é, solos que sofreram atividades bioclimáticas por longo período. As características marcantes desse solo são sua profundidade elevada e a baixa fertilidade. A maioria dos solos do Cerrado são ácidos, como consequência as plantas são pouco desenvolvidas. Dessa forma segundo (SOUZA, CARVALHO & MIRANDA, 1985), faz-se necessária sua correção para se obter melhores produtividades das culturas. Estima-se que cerca de 50 milhões de hectares de pastagens possuam baixa produtividade e estejam em processo de degradação (BALBINO, BARCELLOS & STONE, 2011)

Balbino, Barcellos e Stone (2011) descrevem sobre o potencial de utilização dos sistemas ILPF no Cerrado. A adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) traz diversos benefícios. Oliveira et al (2013) compartilha resultados obtidos na Fazenda Santa Brígida desde a adoção do sistema, destacando-se ganhos agrônômicos, isto é, houve uma melhoria em praticamente todos os atributos químicos e físicos do solo. Outros benefícios são sociais, através da geração de novos postos de trabalho; benefícios educacionais e iniciativas de transferência de tecnologias; e benefícios econômicos.

Nas décadas de 1980 e 1990, deram-se início trabalhos com Integração Lavoura-Pecuária (ILP), primeiramente com a utilização dos sistemas Barreirão e Santa Fé

(KLUTHCOUSKI et. al., 2003; apud BALBINO, BARCELLOS & STONE, 2011). Balbino, Barcellos & Stone (2011) apresentam que o desenvolvimento de sistemas de produção integrando lavouras anuais e espécies forrageiras surgiu por parte de produtores decididos a adotar o Sistema de Plantio Direto (SPD). Além disso, a utilização do ILPF no bioma é recente, entretanto está em expansão, especialmente em regiões com programas de cultivo de eucalipto.

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta é parte do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também denominado Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), o qual é composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação e um último como ações de adaptação às mudanças climáticas: 1) Recuperação de Pastagens Degradadas; 2) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); 3) Sistema Plantio Direto (SPD); 4) Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); 5) Florestas Plantadas; 6) Tratamento de Dejetos Animais; e 7) Adaptação às Mudanças Climáticas. (BRASIL, 2012)

O objetivo geral do Plano ABC é promover a redução das emissões de GEE na agricultura—conforme preconizado na Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) —, melhorando a eficiência no uso de recursos naturais e aumentando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas. (BRASIL, 2012)

1.2 Proposta

A proposta desta pesquisa nasce da necessidade de um planejamento e dimensionamento adequado de maquinário para sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Dados os altos investimentos necessários para aquisição de maquinário, o sub ou superdimensionamento traz consigo efeitos negativos ao empresário rural. Dessa forma será desenvolvido um estudo de caso objetivando a aplicação e adaptação de uma metodologia de dimensionamento de máquinas ao sistema ILP. Serão selecionadas e aplicadas ferramentas de auxílio ao planejamento de forma sistematizada objetivando a otimização do sistema.

Dessa forma pretende-se responder as seguintes questões que permeiam a tomada de decisão dos produtores rurais: qual a quantidade de máquinas e capacidade operacional necessária ideal para que determinada propriedade consiga atingir sua capacidade máxima de produção? Qual a quantidade mínima de máquinas requerida?

Estas questões devem ser respondidas segundo os dados climáticos de suas propriedades e segundo as condições físicas de seus solos. Proporcionando aos tomadores de decisão menores margens de erro, e melhores estimativas quanto a necessidade de máquinas nas operações.

Observa-se que na indústria foram desenvolvidas e aprimoradas diversas técnicas e métodos de redução de custos e aumento da produção, enquanto a agricultura intensificou-se em menor escala nesse sentido. Nos últimos anos a adoção de tecnologias embarcadas e a agricultura de precisão tem se difundido no meio, mas ainda se mostra insipiente.

Dessa forma a pesquisa tem como objetivos entender a dinâmica de operações da fazenda selecionada, avaliar sua frota de máquinas frente a disponibilidade de dias para trabalhar, e utilizar uma metodologia para dimensionamento do parque de máquinas adaptada ao estudo.

A pesquisa diferencia-se no planejamento das operações baseado em estatísticas quanto a quantidade de água no solo e nos estados de consistência do solo. Sendo um trabalho que une conhecimentos da engenharia de produção, agrícola e conhecimentos agrônômicos.

1.3 Objetivo Geral

O presente estudo objetiva a aplicação e adaptação de uma metodologia de planejamento de parques de máquinas para sistemas Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

1.3.1 Objetivos Específicos

- Determinar as necessidades de maquinário em sistemas ILP;
- Identificar variáveis indispensáveis aos tomadores de decisão durante a seleção do maquinário;
- Realizar o planejamento e dimensionamento dos conjuntos mecanizados das operações do sistema ILP.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica abrange 5 seções em busca da contextualização do trabalho desenvolvido. Em primeiro lugar, destaca-se o que são e como se dá o funcionamento dos Sistemas de Integração na agricultura. A segunda seção expõe conceitos fundamentais sobre administração da produção e como o planejamento se insere no meio rural, destacando generalidades inerentes ao setor que afetam o processo produtivo. Em seguida, descreve-se trabalhos sobre planejamento e dimensionamento de parque de máquinas agrícolas, como se dá esse dimensionamento. Mais adiante é exposto sucintamente como se dá o cálculo do balanço hídrico e sua importância para a pesquisa, além de uma breve explicação sobre os estados de consistência do solo. Diferentes áreas do conhecimento transpassam a pesquisa, possibilitando ao atingimento dos objetivos acordados no início do trabalho. A Figura 1 expõe o relacionamento entre esses conhecimentos.

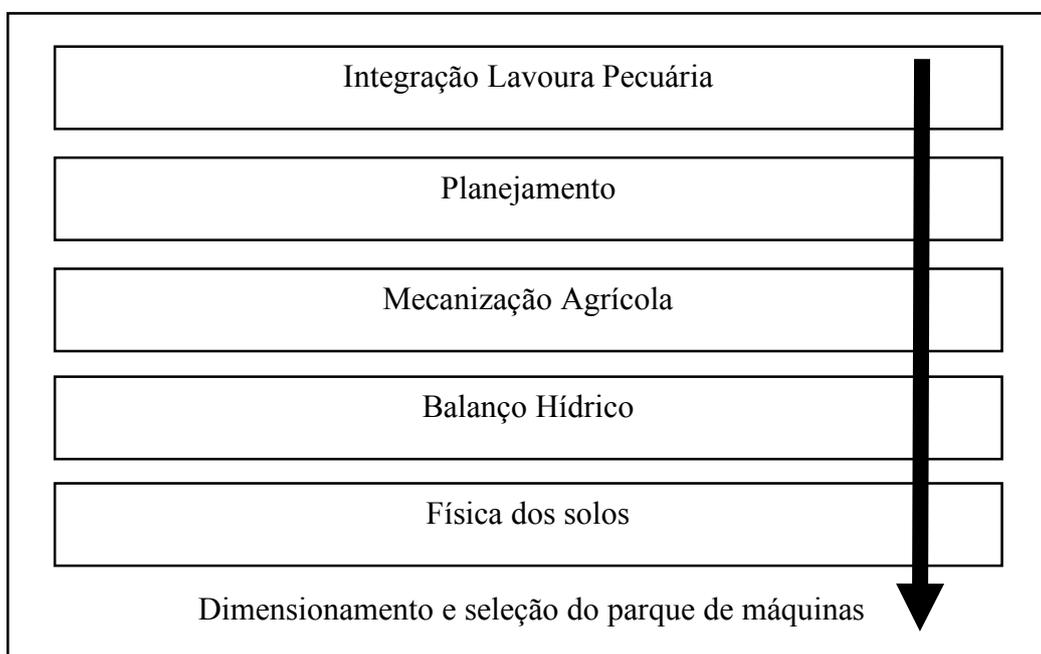


Figura 1 - Conteúdos Explorados na revisão bibliográfica

Fonte: Elaborado pela autora.

2.1 Sistemas Integração

Sistemas ILPF, apesar de serem considerados inovadores, veem sendo empregados desde a idade média. No século XVI existiam sistemas integrando árvores frutíferas e produção

pecuária, e uma possível causa para seu desaparecimento foi a mecanização e intensificação dos sistemas agrícolas, bem como a dificuldade de colheita manual e questões administrativas. (MACHADO et al., 2011)

Balbino, Barcellos & Stone (2011) apresentam a ILPF como uma estratégia de produção sustentável, a qual integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais em um dado espaço, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotativo. A ILPF envolve sistemas produtivos diversificados visando a otimização de ciclos biológicos de plantas e animais, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos.

As modalidades de integração com o componente florestal se assemelham as classificações de Sistemas Agroflorestais (SAFs). A denominação SAF é utilizada quando áreas sob sistema “ecológico” ou “orgânico” de produção possuem diversas espécies em conjunto. Os sistemas de integração, apresentam classificação mais abrangente, podendo ser utilizado em propriedades de qualquer tamanho ou tipo de produção (CORDEIRO et al., 2015).

Balbino, Barcellos, Stone (2011), apresentam quatro modalidades de sistemas: Integração-Lavoura-Pecuária, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Integração Pecuária-Floresta, Integração Lavoura-Floresta. Os SAFs ou sistemas de Integração ILPF são mais complexos do que o monocultivo ou cultivos intercalares anuais, pois a diversificação na natureza, no arranjo dos componentes e o grau das interações são maiores (DUBOC, 2006).

O sistema de ILP (Integração Lavoura-Pecuária) ou agropastoril integra os componentes Lavoura e Pecuária em rotação, consórcio ou sucessão, em uma mesma área, em um mesmo ano agrícola ou em múltiplos anos. A Figura 2 permite a observação da dinâmica desses sistemas e como sua adoção permite um melhor aproveitamento do uso da terra ao longo do ano. Observa-se que intensificação das atividades produtivas traz consigo benefícios econômicos ao produtor rural. Além desses é válido listar que tais sistemas, de acordo com Balbino, Barcellos, Stone (2011), apresentam benefícios tecnológicos, ecológicos e ambientais, e sociais.

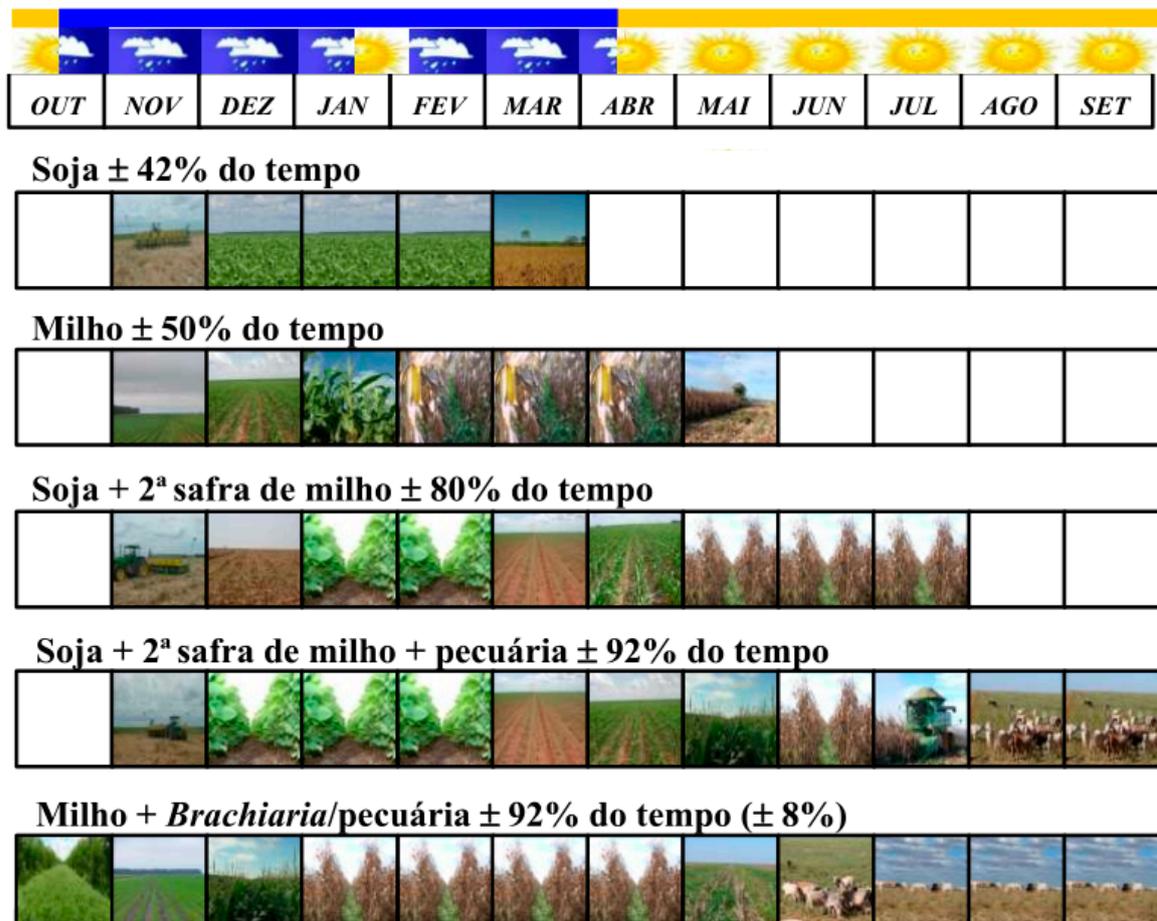


Figura 2 - Exemplo de uso da terra em sistemas convencionais e em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.

Fonte: Adaptado de Kluthcouski, 2012.

2.2 Administração de Produção

Administração da produção, de acordo com Peinado e Graeml (2007), envolve três importantes conceitos: o conceito de organizações, de administração e da atividade de produção. Segundo os autores os diversos assuntos envolvidos não devem ser vistos separadamente, pois seus significados podem ser comprometidos.

Em Slack, Chambers e Johnston (2006) encontra-se que a administração da produção se dedica ao entendimento de como se dá a produção de bens e serviços dentro das organizações. O modelo geral para explicar o assunto é mostrado na Figura 3. A administração da produção tem como propósito fundamental a transformação de recursos, dentro desse processo existem três áreas de atividade que selecionam, localizam e organizam a transformação de recursos, que determinam a natureza e o *timing* do fluxo de recursos a serem transformados.

Na Figura 3 as atividades de projeto, planejamento e controle e de melhoria estão conectadas mais ou menos em ordem cronológica, significando que primeiro uma operação seria desenhada, em seguida operada através do planejamento e controle e continuamente melhorada. A resposta do mercado aos *outputs* determinará se a produção está bem administrada. Caso os consumidores da organização estejam satisfeitos com o que lhes é oferecido, a função produção estará alinhada aos objetivos competitivos e estratégicos. O modelo mostra dois *loops* de atividades inter-relacionadas, sua base corresponde ao que se considera administração da produção, e o topo com estratégia de produção (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2006).

Chiavenato (2003, p. 2) define que “a administração trata do planejamento, da organização (estruturação), da direção e do controle de todas as atividades diferenciadas pela divisão de trabalho que ocorram dentro de uma organização (Figura 4)”. Cada organização possui aspectos exclusivos, onde cabe ao administrador definir estratégias, efetuar diagnósticos de situações, dimensionar recursos, planejar aplicações resolver problemas, gerar inovação e competitividade.

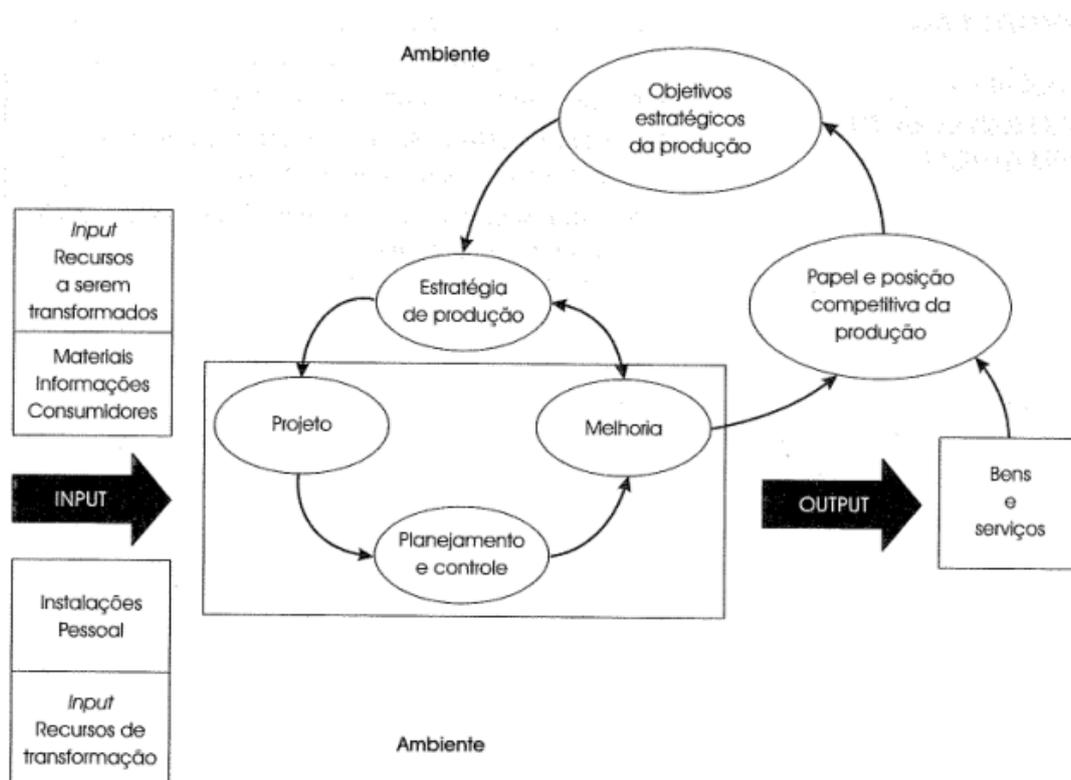


Figura 3 - Modelo geral da administração da produção.
 Fonte: Slack, Chambers & Johnston, 2006.

A tarefa da Administração passou a ser a de interpretar os objetivos propostos pela organização e transformá-los em ação organizacional por meio de planejamento, organização, direção e controle de todos os esforços realizados em todas as áreas e em todos os níveis da organização, a fim de alcançar tais objetivos da maneira mais adequada à situação e garantir a competitividade em um mundo de negócios altamente concorrencial e complexo (CHIAVENATO, 2003, P.11).

A função central das organizações é a produção de bens e serviços. Todas as organizações possuem outras funções, porém a razão de suas existências é a produção (PEINADO & GRAEML, 2007; SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2006). Tubino (2007) explica que as empresas são geralmente estudadas como sistemas transformadores, no qual entram insumos e saem produtos transformados por um processamento. Encontra-se em Slack, Chambers & Johnston (2006) um modelo de transformação usado para descrever a natureza da transformação (Figura 5), a produção engloba um conjunto de *inputs* usados para transformarem ou serem transformados em *outputs*.

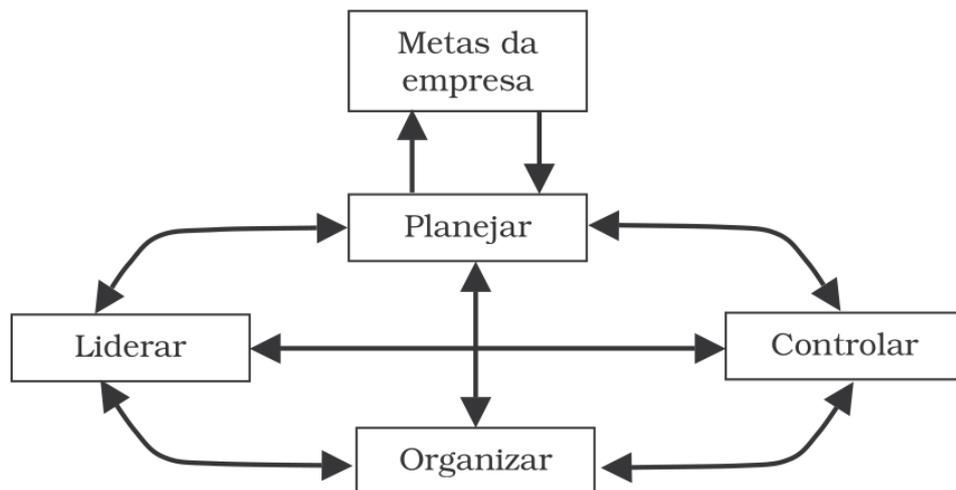


Figura 4 - Relacionamento das quatro funções da administração.
Fonte: Peinado e Graeml, 2007.

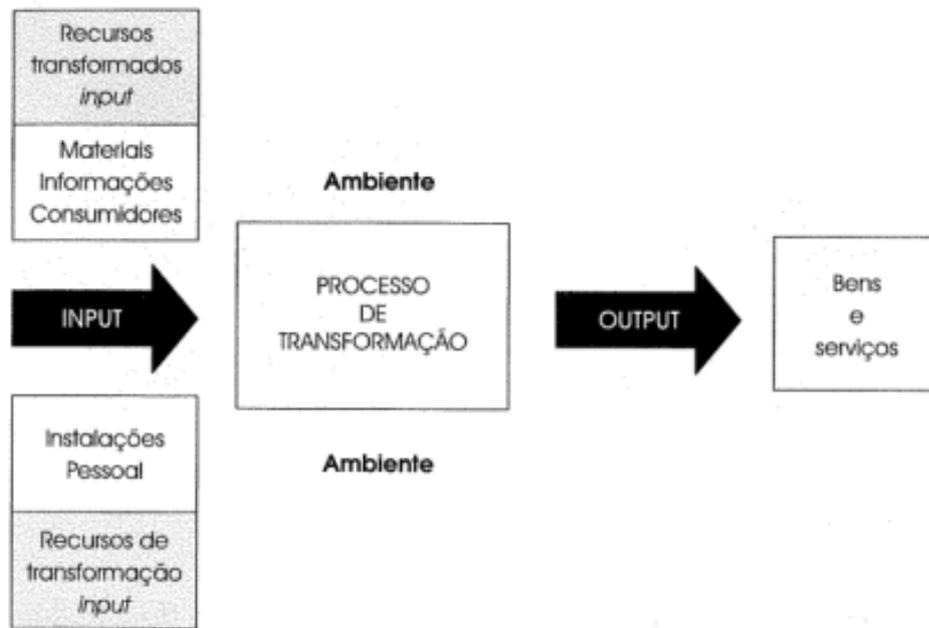


Figura 5 - Modelo de transformação.
 Fonte: Slack, Chambers & Johnston, 2006.

2.2.1 Planejamento e Controle da Produção

Os sistemas produtivos, isto é, os sistemas transformadores devem ser pensados em termos de prazos (TUBINO, 2007). Pode-se dividir o horizonte de planejamento de um sistema produtivo em três níveis (TUBINO, 2007; CORRÊA & CORRÊA, 2006; SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2006): planejamento de longo, médio e curto prazo. A Figura 6 apresenta como se relacionam os prazos e as atividade estratégicas, táticas e operacionais das empresas.

Corrêa & Corrêa (2006) tratam o planejamento como um dos conceitos centrais da gestão de operações, pois os processos decisórios possuem uma inércia intrínseca, tempo que decorre desde de a tomada de decisão até o momento em que ela toma efeito. Os horizontes de planejamento devem ser coerentes com as inércias das decisões envolvidas.

A longo prazo os sistemas produtivos precisam montar um Plano de Produção, nível estratégico, com base em previsões de vendas. Além disso verificar a capacidade de produção necessária para cumprir o planejado (TUBINO, 2007). Seu horizonte é medido em meses ou trimestres com alcance de anos.

A médio prazo desenvolve-se o Plano Mestre de Produção, o qual busca estratégias de operação eficientes com base na capacidade instalada para atender às previsões de vendas e

possíveis pedidos em carteira. O planejamento a médio prazo também é chamado de tático, pois o PMP analisa diferentes formas de manobrar o sistema produtivo disponível (TUBINO, 2007). Neste prazo os horizontes se apresentam no formato de semanas com abrangência de meses à frente.



Figura 6 - Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão nas empresas. Fontes: Tubino, 2007.

Por fim o curto prazo, Tubino (2007) define que, a partir do sistema montado e a tática de operação definidas, deve-se executar a Programação do Produção. Denomina-se operacional, pois o sistema opera dentro de uma tática montada. O curto prazo mede-se em dias, para a semana em curso.

Corrêa & Corrêa (2006) retratam o relacionamento dos níveis mais altos com os níveis mais baixos, expondo que através de um bom planejamento nos níveis superiores tem-se bons resultados operacionais.

As atividades de Planejamento e Controle da Produção (PCP) se encontram nos três níveis hierárquicos definidos. No nível estratégico o PCP participa da formulação do Plano estratégico de Produção, gerando o Plano de Produção. No nível tático o PCP desenvolve o Planejamento Mestre de Produção, realizando o Plano Mestre de Produção (PMP). No nível operação prepara a Programa da Produção, administrando estoques, sequenciando, emitindo e liberando as ordens de compras, fabricação e montagem, além de executar o Acompanhamento

e Controle da Produção (TUBINO, 2007). A complexidade dessas quatro atividades varia segundo o sistema produtivo dentro do qual o PCP está agindo.

2.2.2 Planejamento Agrícola

O planejamento aplicado à agricultura tem por finalidade aumentar a produção e a produtividade, reduzindo custos e danos ambientais através da aplicação de técnicas mais modernas e eficientes. Este começa antes do plantio e não termina na colheita, e exige análise de todos os componentes de produção. Deve levar em consideração fatores como manejo, tipos de técnicas a serem adotadas, insumos, máquinas e implementos, variedades a serem escolhidas, distribuição das variedades nos tipos de solo explorados, ambiente de produção, épocas de plantio, elaboração de cronograma físico-financeiro e serviços em geral.

Quanto mais variáveis, fatores, forem envolvidos maiores serão as dificuldades durante o planejamento e na previsão dos efeitos das decisões a se tomar. O agronegócio apresenta características diferenciadas dos outros segmentos de produção, o que torna o gerenciamento das unidades agrícolas altamente complexo.

A Administração Rural é um ramo da administração que se utiliza de funções administrativas (planejamento, controle, direção e controle) visando ao uso mais racional e eficiente dos recursos para obter resultados compensadores e contínuos na condução de uma empresa rural. Ao contrário das ciências técnicas, que tratam basicamente das relações entre os fatores de produção, a administração rural preocupa-se primeiramente com o problema de conseguir a combinação mais lucrativa dos diversos fatores envolvidos na produção (SILVA, 2011, p. 25).

A administração rural como ramo da ciência administrativa possibilita o acesso as suas teorias, desde a abordagem clássica de Taylor até a moderna teoria do desenvolvimento organizacional. Essa nova abordagem possibilitou a introdução da administração rural às áreas de finanças, comercialização, marketing e recursos humanos, sendo estas áreas tão importantes como a produção (HOFFMANN, 1987).

Segundo Silva (2011) seria possível resumir os objetivos da Administração Rural como:

- 1) administrar com mais eficiência os fatores de produção disponíveis (terra, benfeitorias, maquinários, insumos e mão de obra);
- 2) empregar a tecnologia adequadamente, em função das condições da propriedade e recursos do produtor;
- 3) aumentar a produtividade das atividades exploradas na propriedade;
- 4) gerenciar os custos de produção da empresa rural;
- 5) minimizar os riscos de produção e de mercado;
- 6) criar um bom ambiente de trabalho, para que haja

harmonia entre patrão e empregados; 7) garantir melhoria na qualidade de vida de todos aqueles que trabalham na propriedade; 8) conservar e, se possível, aumentar o valor do patrimônio 9) proteger o meio ambiente, especialmente os mananciais de água e as matas ciliares; 10) elevar o “prestígio” do produtor junto à comunidade onde atua; e 11) contribuir para que a propriedade agrícola se transforme em empresa rural e possa manter o homem no campo, gerando excedentes para exportação.

Dessa forma o principal papel do administrador rural é planejar, controlar, decidir e avaliar os resultados, objetivando a maximização dos lucros, a motivação e bem-estar dos empregados, e a satisfação dos clientes e da comunidade (SANTOS, MARION & SEGATTI, 2002). O administrador rural como tomador de decisões está sujeito aos diversos fatores intrínsecos ao meio rural. Qualquer tipo de tomada de decisão envolve um processo complexo, pois envolve a identificação das diversas variáveis que influenciam seu negócio. Quanto mais complexo for o ambiente que envolve o processo decisório, mais difícil este último se torna.

As empresas agrícolas, de acordo com Balastreire (1987), independentemente do tamanho e nível tecnológico empregado são consideradas sistemas. Esse enfoque sistemático permite a realização de uma análise mais completa de todos os fatores envolvidos, fornecendo dados para o projeto, controle e cálculo dos custos do sistema envolvido. A agricultura está sujeita, de acordo Silva (2011), a interferência de fatores próprios do setor rural. Em oposição ao setor urbano, esse setor está sob influência direta de condições que oferecem risco e incertezas intrínsecas às atividades desprendidas devido às condições ambientais da localidade em que está inserido.

Silva (2011) traz 11 generalidades intrínsecas ao meio rural, que definem bem o cenário em que o planejador está inserido: terra como fator de produção, dependência do clima, perecibilidade dos produtos, riscos (econômicos, climáticos e biológicos), estacionalidade da produção, trabalho disperso, trabalho ao ar livre, produção não uniforme, especificidade biotecnológica, alto custo do ingresso e saída do negócio agrícola, produção sem distinção de marca e qualidade. Além dessas generalidades, Souza (1992) destaca três outras características desses sistemas produtivos: a irreversibilidade do ciclo de produção, o ciclo de produção dependente das condições biológicas, e o tempo de produção maior que o tempo de trabalho.

Marion e Segatti (2005) ressaltam que essas características e generalidades inerentes a tomada de decisão no meio rural, levam alguns empresários do meio rural à dedução de que o planejamento se torna desnecessário, por se tratar de uma atividade diretamente ligada à

natureza. Destacam que a falta de interesse de planejamento e, conseqüentemente controle das operações tanto na agricultura quanto na pecuária acabaram limitando a produção literária direcionada à administração rural.

2.3 Dimensionamento do Parque de Máquinas

O dimensionamento adequado do parque de máquinas possibilita a melhor utilização dos recursos financeiros na propriedade rural. Evitando a perda dos prazos estipulados no cronograma de operações e possibilitando o melhor investimento do capital da empresa. Os sistemas mecanizados agrícolas, de acordo com Gimenez (2006), representam o segundo maior investimento realizado dentro de uma propriedade agrícola, sendo o primeiro lugar ocupado pela terra.

Oliveira (2012) destaca que o planejamento e dimensionamento dos sistemas mecanizados é uma das etapas mais importantes dentro do processo produtivo. As explorações mecanizadas e a automatização de processos, de acordo com Franz, Folle & Rocha (2000), justificam-se, apenas, quando são obtidos resultados técnicos-econômicos vantajosos.

O planejamento e dimensionamento das máquinas é influenciado pelo clima, pela área a ser trabalhada, pelas exigências da agricultura e pela época em que devem ser realizadas as operações (FRANZ, FOLLE & ROCHA, 2000).

Segundo Folle, Franz e Assad (1994), dimensionar um parque mecanizado consiste em encontrar máquinas agrícolas para realizar uma tarefa em uma dada área, em um dado tempo, a um custo aceitável. A estimativa dos prováveis dias de trabalho é fundamental para o dimensionamento e gerenciamento dos parques de máquinas. Visto que a capacidade de um sistema mecanizado completar uma tarefa é inversamente proporcional à quantidade de tempo disponível.

O superdimensionamento de parques mecanizados, segundo Folle, Franz e Assad (1994), leva a acréscimos nos custos de produção, insustentáveis para as principais culturas na região do Cerrado. De forma que o processo de dimensionamento de parques mecanizados apresenta 4 etapas, determinação: (1) determinação da capacidade de máquina por operação; (2) determinação do tamanho e quantidade das máquinas e implementos; (3) determinação da potência dos tratores; e (4) determinação dos custos.

Além disso, para Folle, Franz e Assad (1994), a impontualidade das operações gera problemas como a redução do teto de produção. Não significa o aumento direto dos custos, mas, indiretamente, a redução da receita. Os autores citam a definição de Godwin & Spoor (1977) de dias favoráveis para trabalho com máquinas, é aquele em que o solo:

- a) Pode suportar as cargas verticais e horizontais aplicadas pelo trator e implemento, dentro de limites aceitáveis de compactação e patinação.
- b) Estar em condições de ser manipulado da forma desejável.

A partir da espacialização dos dias sem chuva para a região do cerrado, tem – se dados sobre o potencial máximo de dias de trabalho. Sendo assim é possível estimar a quantidade de hectares que deve ser trabalhada por dia e também a quantidade de máquinas demandada. (FOLLE, FRANZ e ASSAD, 1994). Atrasar o plantio significa ter perda dupla, primeiro pela perda de produtividade em virtude da época de plantio. Segundo porque as maquinas já dimensionadas não permitem a execução da operação no período de tempo disponível. A condição para que o solo possa ser trabalhado depende não só do equipamento, mas também do conteúdo de água no solo. A forma mais adequada de considerar a umidade do solo para trabalho é em função dos seus estados de consistência, e não somente em termos do seu conteúdo (FRANZ, FOLLE & ROCHA, 2000).

O Planejamento e a racionalização da mecanização agrícola se iniciam com a caracterização das operações agrícolas e a maneira de executá-las conforme exigências da cultura e solo. Em seguida é estabelecido o cronograma de execução das atividades (operações agrícolas), a fim de ordena-las em função das funções climáticas e do desenvolvimento das plantas. Ao final dessas atividades se escolhe que tipo e quantidade de máquinas, implementos e ferramentas serão necessários para execução do cronograma definido (MIALHE, 1974).

A etapa de definição do maquinário responde a última pergunta que o gestor deve-se fazer: O que? Como fazer? Quando fazer? Com que fazer?

Mialhe (1974) destaca quatro etapas fundamentais para a seleção de máquinas agrícolas: 1) Análise Operacional; 2) Planejamento para Seleção; 3) Demonstração de Campo; agricultor, sua elaboração consta de duas partes: determinação das épocas de realização e levantamento das operações a executar (Figura 7). O planejamento para seleção (Figura 8) é feito com base na análise operacional do programa de produção e nos parâmetros de desempenho operacional das máquinas, envolver: estimativas de tempo disponível, ritmo operacional, número de

conjuntos e elaboração de ábacos de seleção. Demonstrações de campo são em geral promovidas por revendedores de tratores e máquinas com caráter puramente comercial. Por fim, no planejamento da aquisição (Figura 9) são analisados os diversos modelos e conjuntos motomecanizados viáveis, entre os quais serão eleitos aqueles a serem adquiridos.

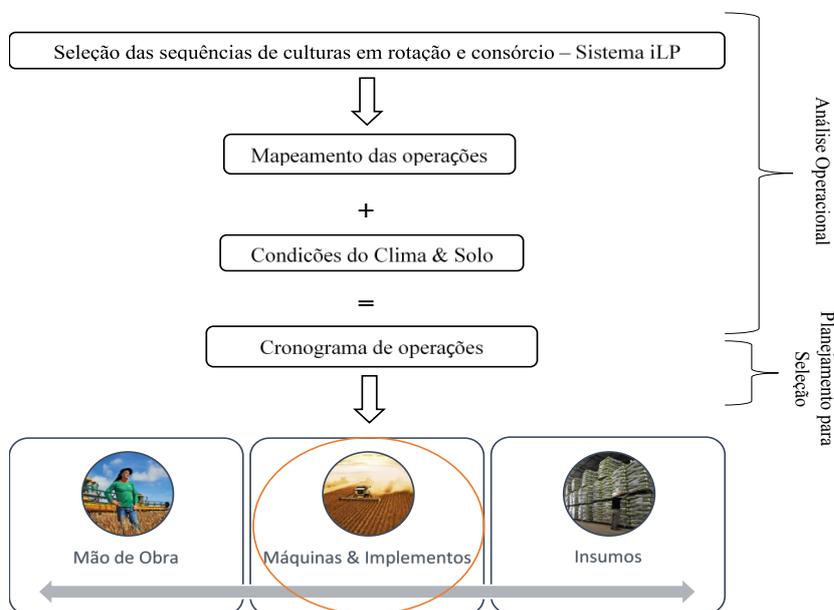


Figura 7 - Elementos de entrada do processo de seleção de máquinas e implementos. Fonte: elaborado pela autora. Baseado em Mialhe, 1974; Folle e Franz, 1990.

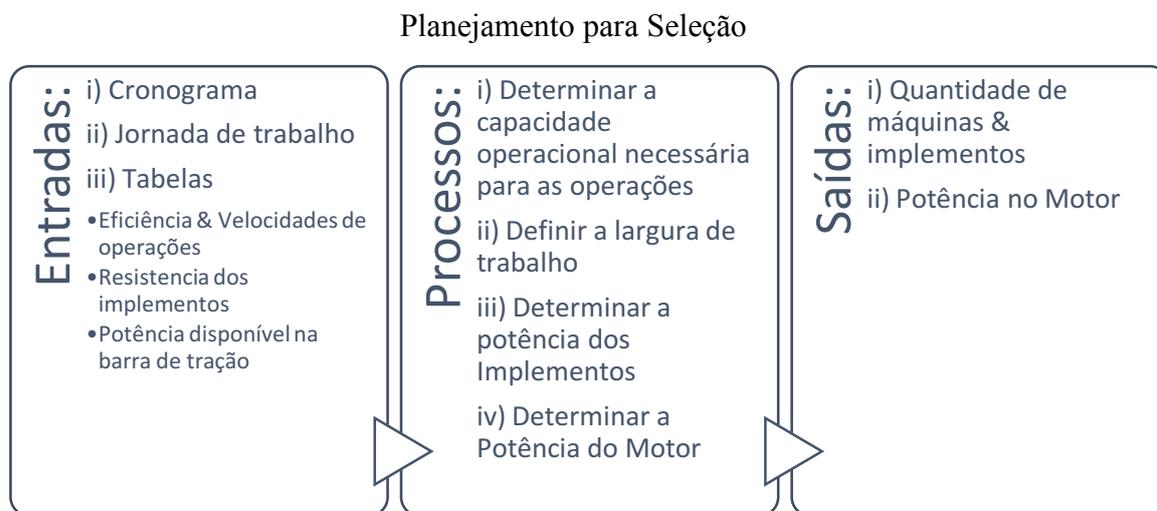


Figura 8 - Planejamento para seleção. Fonte: Elaborado pela autora. Baseado em Mialhe, 1974.

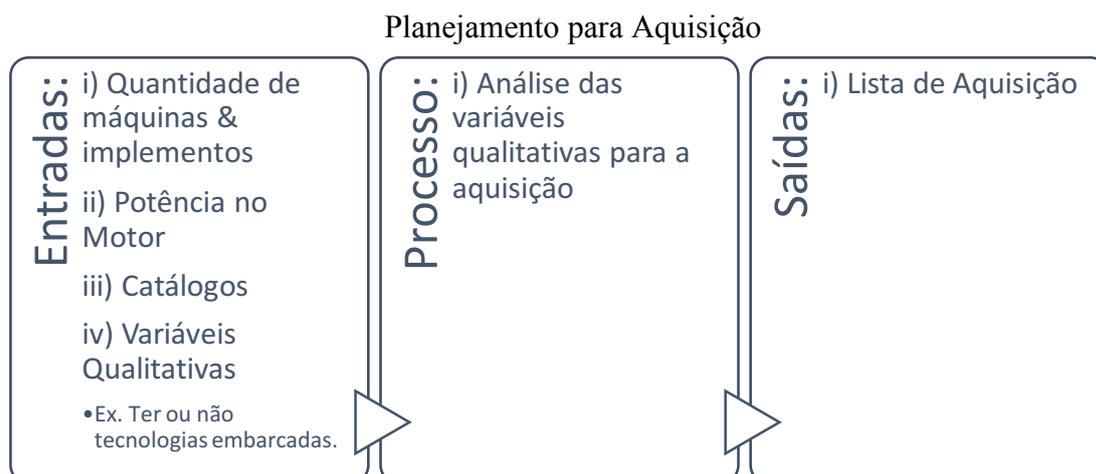


Figura 9 - Planejamento para aquisição.
 Fonte: Elaborado pela autora. Baseado em Mialhe, 1974.

Mialhe (1974), Folle e Franz (1990), Franz, Folle & Rocha (2000) e Oliveira (2012), utilizam cálculos similares nessa etapa de planejamento da seleção, sendo estes também aplicáveis a esta proposta de trabalho. Dessa maneira, a partir da elaboração do cronograma de operações e a estimativa de dias prováveis de trabalho é possível calcular a capacidade operacional para cada operação, que consiste em:

$$C = \frac{\text{Quantidade de trabalho}}{\text{Unidade de tempo}} \quad (1)$$

O resultado desse cálculo fornece uma estimativa da quantidade de hectares que deverá ser trabalhada por unidade de tempo, contribuindo também para a definição da largura de trabalho necessária da seguinte maneira:

$$C = \frac{V \times L \times e}{10} \quad (2)$$

Onde:

C = capacidade operacional em ha/hora;

V = velocidade de operação em km/hora;

L = largura de trabalho nominal da máquina em metros;

e = eficiência de campo, expressa em decimal.

Os valores para a velocidade de operação e de eficiência de campo variam com a operação realizada e com o tipo e condições do solo da propriedade. Esses dados são tabelados, e foram medidos experimentalmente e disponibilizados, por exemplo, pela “American Society of Agricultural Engineers (1984)”, citada por Folle e Franz (1990). Partindo desses dados é possível calcular a largura e a quantidade de máquinas e implementos necessários para o cumprimento do cronograma estipulado.

A próxima etapa desse processo de planejamento da seleção se dá na determinação da potência necessária para cada implemento e subsequentemente necessária no motor, para que as operações sejam desempenhadas corretamente.

$$P = \frac{F \times L \times V}{3,6} \quad (3)$$

Onde:

P = potência demandada pelo implemento em kW;

F = força de tração necessária para o implemento em kN/m;

L = largura nominal do implemento em m;

V = velocidade de operação do implemento em km/h.

Novamente observamos os termos desse cálculo variando segundo o tipo de implemento e conteúdo de água no solo. A força necessária para o implemento e a velocidade de trabalho são fruto de trabalhos experimentais na área. Dessa forma também se encontram tabelados.

Por fim, para o cálculo da potência do motor são utilizadas as relações estabelecidas por Browsers (1978) citadas por Folle e Franz (1990) (Tabela 1). Santos, Fernandes & Rinaldi (2006) desenvolveram uma planilha eletrônica para a previsão de potência igualmente baseados no trabalho de Bowers (1978) e na ASAE D497 – 4 (2000).

Tabela 1. Relações para calcular a potência no motor dos tratores.

Fonte: Folle e Franz, 1990.

Potência	Cálculo da Potência
Máxima no motor	Pot. Máx. no motor x 0,86⁰
Na tomada de potência	Pot. Máx. no motor x 0,86¹
Máxima na barra em concreto	Pot. Máx. no motor x 0,86²
Máxima na barra em solo firme	Pot. Máx. no motor x 0,86³
Máxima usável na barra, solo firme	Pot. Máx. no motor x 0,86⁴
Máxima usável na barra, no solo trabalhado	Pot. Máx. no motor x 0,86⁵
Máxima usável na barra, no solo fofo	Pot. Máx. no motor x 0,86⁶

2.4 Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico Climatológico (Figura 10) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), e determina o regime hídrico de um local, sem a necessidade de medidas diretas das condições do solo. As três informações básicas que alimentam esse cálculo são o armazenamento máximo no solo, a medida de chuva total e a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período (PEREIRA, 2005). A Figura 10 exemplifica como se dá esse balanço, isto é, quais são as entradas e saídas de água desse sistema.

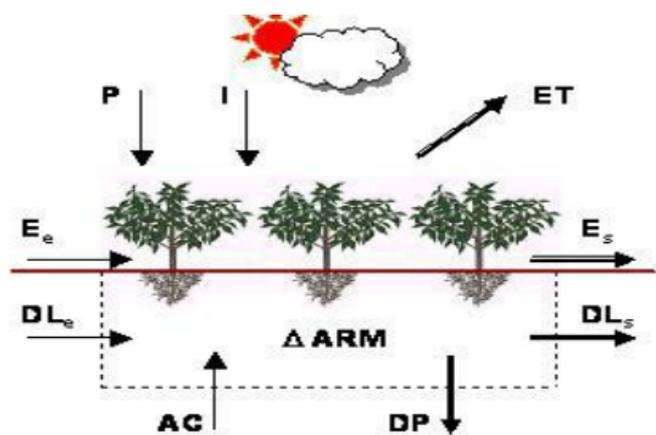


Figura 10 - Modelo de balanço hídrico.
Fonte: Pereira, Angelocci e Sentelhas, 2002.

P = precipitação;

I = irrigação;

E = escoamento superficial;

DL = drenagem lateral;

AC = ascensão capilar;

ET = evapotranspiração;

DP = drenagem profunda;

Δ ARM = armazenamento.

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos. Dessa forma o balanço hídrico permite uma primeira avaliação, na escala macro, da disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao planejamento integrado dos recursos hídricos (LIMA e SANTOS, 2009).

Um exemplo de utilização do balanço hídrico para a avaliação dos riscos climatológicos na semeadura de uma cultura pode ser observado no trabalho de Cunha et. Al. (2001). O trabalho apresenta a síntese dos trabalhos sobre zoneamento agrícola para trigo no Brasil elaborados pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), nele são definidas as melhores épocas de semeadura para diversos estados brasileiros considerando-se os riscos climáticos para a cultura do trigo. Para Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais utilizou-se o modelo de simulação SARRA (Sistema de Análise Regional de Riscos Agroclimáticos) de balanço hídrico, e para o estado do Paraná utilizou-se um modelo de balanço hídrico adaptado para o trigo.

O presente trabalho utilizou o SARRABIL para realizar as simulações diárias do balanço hídrico do solo. SARRABIL é um dos três módulos que compreende o software SARRA, o qual é um software de simulação do balanço hídrico do solo. A partir de um conjunto de parâmetros que descreve o solo, a cultura e o clima, a Equação (3) do balanço hídrico é resolvida em tempo diário (BARRON, PEREZ & MARAUX, 1996).

$$P + I = ET + DP + RU + \Delta ARM \quad (4)$$

RU = reserva de água no solo.

2.5 Física dos solos

O solo é constituído por um conjunto de partículas com água e ar nos espaços intermediários, ou vazios. Essas partículas encontram-se livres para deslocar entre si. A água contida no solo pode ser classificada em: água higroscópica, água adsorvida, água de constituição, água capilar e água livre. O ar estará presente no sistema quando o solo não se encontrar totalmente saturado (PINTO, 2006).

Do ponto de vista da Engenharia apenas a distribuição granulométrica não caracteriza bem o comportamento dos solos (PINTO, 2006). As propriedades plásticas dos solos dependem do teor de umidade, da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica. A plasticidade é uma propriedade dos solos de serem moldados, consiste na maior ou menor capacidade de se moldar o solo, sob certas condições de umidade, sem variação de volume (CAPUTO, 1996).

Os limites apresentados na Figura 11, correspondem a porcentagem de água que marca a mudança de estado do solo, são os limites de liquidez, plasticidade (PINTO, 2006, p.25).

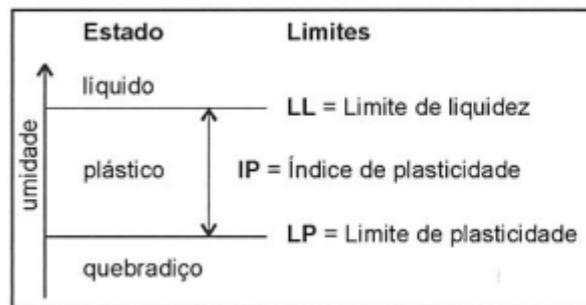


Figura 11 - Estados de consistência do solo.
Fonte: Pinto, 2006.

Caputo (1996) apresenta um terceiro limite, limite de contração. Para o autor o limite de liquidez marca a quantidade de água em que o solo se encontra quando este perde a capacidade de fluir, porém é facilmente moldável e conserva a forma, estado plástico. Perdendo umidade o solo torna-se quebradiço ao ser trabalhado, chegando ao limite plástico, abaixo desse limite o solo se encontra no estado semi-sólido. Ao perder mais água o solo passa gradualmente ao estado sólido, o limite entre esses dois últimos estados é o limite de contração. Observe a Figura 12 que representa os três limites e os estados de consistência.

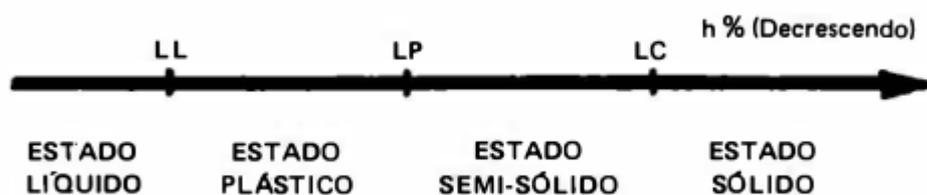


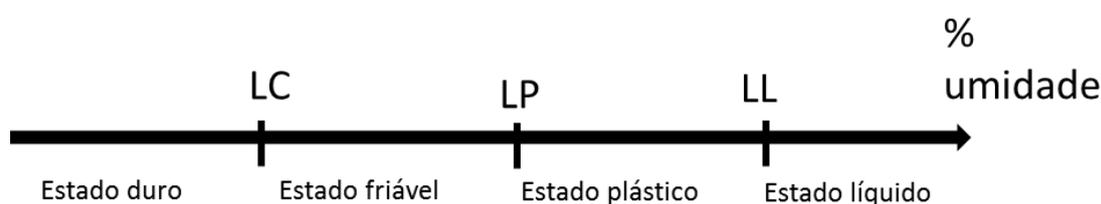
Figura 12 - Estados de consistência do solo.
Fonte: Caputo, 1996.

As propriedades do solo, de acordo com Klein e Libardi (2001), em seus aspectos físico-hídricos-mecânicos em conjunto com as características das ferramentas, determinam o comportamento na interface solo-máquina. A determinação da condição em que os solos adquirem características friáveis (semi-sólido) é muito importante, uma vez nessa faixa de umidade se encontram as melhores condições para trabalhar.

As condições de umidade do solo e o tempo disponível para executar as operações agrícolas, são fundamentais para o dimensionamento do parque de máquinas, energia necessária

para cada operação e a potência dos tratores. A demanda de tração é proporcional ao aumento da profundidade trabalhada, e sua magnitude varia conforme o estado de consistência do solo. Em Machado et al. (2005), tem-se que em sistemas de exploração SPD existe uma redução da potência requerida de 30 a 40%, em relação ao sistema convencional. Segundo ASAE (1999), o esforço de tração necessário por linha de semeadura é admitido como 3,4 kN/Linha, com variação de +/- 35%.

São diversos os fatores que interferem no consumo energético de conjuntos como tratores e semeadoras, havendo a necessidade de estudos para identificar as demandas energéticas dos componentes e mecanismos de ação (BORTOLOTTI et al., 2006). A Figura 13 representa os estados de consistência segundo a nomenclatura adotada no presente trabalho (FRANZ, FOLLE & ROCHA, 2000). Os conceitos e definições dos estados de consistência são os mesmos apresentados pelos autores das Figuras 11 e 12, diferenciando-se apenas na nomenclatura.



LC – Limite de contração;

LP – Limite de Plasticidade;

LL – Limite de Liquidez.

Figura 13 - Estados de consistência do solo.

Fonte: Franz, Folle & Rocha, 2000.

A determinação dos limites de consistência foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, visto a necessidade de validar os dias disponíveis para trabalho segundo o conteúdo de água presente no estado de consistência friável. Isto é, realizar a comparação entre o balanço hídrico do solo e a umidade do solo neste estado.

O próximo capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, e como se deu a definição do referencial teórico, do planejamento do caso, e os materiais e métodos utilizados na pesquisa.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, desdobra-se uma pesquisa composta por inúmeras fases, desde a apropriada formulação do problema até a adequada apresentação dos resultados, análise crítica e suas conclusões. Pois a forma como o observador se relaciona com o que será pesquisado deve ser norteadas por métodos e técnicas específicas, de forma que se adaptem à natureza de cada pesquisa e à realidade investigada (MIGUEL, 2007). Silva e Menezes (2005) citam a definição de Gil (1999, p.42) ao tentar definir o que é pesquisa, “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

“Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se têm informações para solucioná-lo” (SILVA e MENEZES, 2005, p. 20).

Segundo Kauark, Manhães, Medeiros (2010) o conhecimento a respeito dos tipos de pesquisas existentes é importante devido a necessidade de definição dos instrumentos e procedimentos que um pesquisador precisa utilizar no planejamento da sua investigação. O tipo de pesquisa categoriza a pesquisa na sua forma metodológica de estratégias investigativas. A classificação das pesquisas depende da natureza, da abordagem (assunto), do propósito (objetivo) e dos procedimentos efetivados para alcançar os dados (meio).

Quanto a natureza das pesquisas, pode-se definir a pesquisa, segundo Kauark, Manhães, Medeiros (2010), e Silva e Menezes (2005), como Pesquisa Aplicada, a dirigida a solução de problemas específicos; ou como Pesquisa Básica, a qual objetiva gerar conhecimentos novos sem aplicação prática prevista.

Do ponto de vista da forma de abordagem dos problemas temos a Pesquisa Qualitativa (descrição e análise dos dados intuitivamente) ou Pesquisa Quantitativa (considera o que é quantificável, traduz em números opiniões, informações para classifica-las e analisa-las), (KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS; 2010, SILVA E MENEZES, 2005).

Segundo Gil (1991) citado por Kauark, Manhães, Medeiros (2010) e por Silva e Menezes (2005), do ponto de vista de seus objetivos temos: pesquisa exploratória, a qual objetiva maior familiaridade com o problema, e a construção de hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas, análises de exemplos que estimulem a compreensão

(Pesquisas bibliográficas e estudos de caso); e pesquisa descritiva, a qual descreve características de determinada população ou fenômeno, e as relações entre variáveis. (Técnicas padronizadas de coleta de dados; questionário e observação sistemática. Levantamento)

Por fim, segundo os procedimentos técnicos pode-se classificar a pesquisa em (GIL, 1991; apud KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS, 2010; SILVA e MENEZES, 2005): pesquisa bibliográfica (quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos); pesquisa documental(quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico); pesquisa experimental (determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objetivo; levantamento (envolve interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer); estudo de caso (envolve estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos de maneira que se permita o seu amplo detalhado conhecimento), pesquisa *Ex post facto* (o experimento se realiza depois dos fatos); pesquisa-ação (quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Pesquisadores e participantes da situação estão envolvidos de modo cooperativo e participativo); e pesquisa participante (quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas).

Tendo em vista os objetivos e características do objeto de estudo e os tipos de pesquisas supracitados, classificou-se o trabalho conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do trabalho com base em Kauark, Manhães, Medeiros (2010) e Silva e Menezes (2005).

Classificação	Tipo	Razões para o enquadramento
Natureza	Aplicada	Dirige-se a solução de problemas específicos
Abordagem	Qualitativa	Descreve e analisa dos dados intuitivamente
Objetivos	Exploratória	Objetiva a maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito. Envolve levantamento bibliográfico, entrevistas.
Procedimentos Técnicos	Estudo de Caso	Envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo o detalhamento do conhecimento

O estudo de caso investiga determinado fenômeno empiricamente, a fim de ampliar e detalhar o conhecimento a seu respeito, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria. (MIGUEL, 2003). A Figura 14 apresenta uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso na engenharia de produção, construída por Miguel (2007).

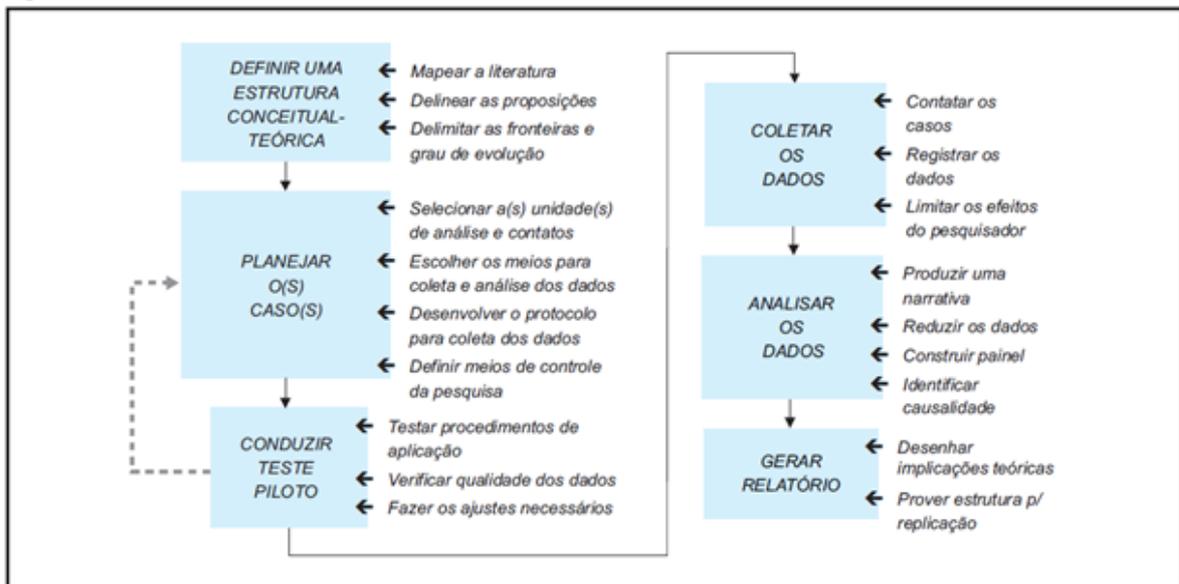


Figura 14 - Condução do Estudo de Caso.
Fonte: Miguel, 2007.

3.1 Definir uma Estrutura Conceitual-Teórica

Conforme sugerido por Miguel (2007), primeiramente mapeou-se a literatura ligada a pesquisa em questão. Esse processo de construção do referencial teórico contribui para a identificação da abrangência da literatura disponível sobre o assunto, bem como no apontamento de lacunas, e delimitação das fronteiras do problema investigado.

Ainda a respeito do referencial teórico, tem-se que o mesmo oferece suporte teórico à pesquisa, além de ser um indicativo a respeito da familiaridade e conhecimento do pesquisador sobre o assunto (MIGUEL, 2010).

A fim de delimitar as fronteiras do estudo, têm-se como objeto de estudo a Fazenda Santa Brígida, localizada no município de Ipameri-GO. A propriedade situa-se no bioma Cerrado, e opera utilizando o sistema de produção ILPF, baseado na integração de diversas formas de exploração da terra.

A pesquisa desenvolvida se atém apenas aos aspectos ligados s ILP (Integração Lavoura-Pecuária), objetivando a utilização e adaptação de uma metodologia para a seleção de máquinas agrícolas nesse contexto. É válido ressaltar que a seleção deve ser fundamentada em aspectos climatológicos e físicos do solo da região selecionada.

As informações coletadas durante a elaboração do referencial teórico foram extraídas de livros, artigos, normas, revistas, teses de mestrado e doutorado. Desse processo de familiarização com o problema estudado observou-se que o mesmo reúne conhecimentos de diversas áreas. Isto é, foram necessários conhecimentos agronômicos, no que diz respeito aos dados climáticos usados no planejamento das operações. Além disso, foram necessários conhecimentos sobre física dos solos, a fim de determinar os estados de consistência do solo, importante componente para verificação dos dias disponíveis para trabalho. Conhecimentos sobre mecanização agrícola para o cálculo da capacidade necessária, potência requerida e quantidade de máquinas. Por fim, foram necessários conhecimentos em engenharia de produção para a elaboração do plano de operações, na alocação do tempo disponível frente a quantidade de trabalho, na análise do sistema e dos arranjos de parque de máquinas possíveis.

3.2 Planejamento do Caso

O processo de planejamento do caso, segundo Miguel (2007), envolve a escolha das unidades de análise e contatos, a escolha dos meios para coleta dos dados, desenvolver o protocolo para coleta de dados e definir meios de controle da pesquisa.

A seleção da unidade de análise se deu por intermédio da Embrapa Cerrados, a qual vem desenvolvendo projetos em parceria com a Fazenda Santa Brígida em projetos de P&D e de TT (transferência de tecnologia). Dessa forma o acesso ao local e a coletas de dados foram facilitadas.

A coleta de dados foi realizada diretamente com os gestores da fazenda selecionada. Além dos dados a respeito da gestão da fazenda, foi necessário coletar amostras de solos da propriedade. Selecionou-se um talhão da fazenda para a retirada das amostras de solo (Figura 15), estas foram submetidas a análises laboratoriais para determinação de suas características físicas.

Outros dados importantes para a pesquisa foram obtidos através do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), fornecedor dos dados climáticos (pluviométricos, temperatura,

radiação, etc) necessários para a utilização do modelo de balanço hídrico do software SARRA (Sistema de Análise Regional de Riscos Agroclimáticos).

Após a obtenção dos dados referenciados propõe-se uma sequência de tarefas necessárias ao atingimento dos objetivos da pesquisa.

1. Realizar os ensaios de estados de consistências do solo
 - a. Ensaio para determinação do limite de liquidez
 - b. Ensaio para determinação do limite de plasticidade
2. Realizar Balanço Hídrico do solo
3. Calcular os dias (tempo) disponível para as operações
4. Elaborar o cronograma exigido por cada cultura/exploração da propriedade
5. Calcular a capacidade necessária, largura de máquina
6. Calcular potência necessária e quantidade de máquinas
7. Dimensionar o parque de máquinas e selecionar máquinas

O estudo foi realizado na Fazenda Santa Brígida, situada a aproximadamente 8 km da cidade de Ipameri-GO, nas coordenadas 17°66'82" de latitude sul e 48°21'19" longitude oeste, a 800 m de altitude (Figura 15). Os solos da fazenda são em sua maioria classificados como Latossolo Vermelho-Escuro. Segundo a classificação de Köppen, a região apresenta clima Aw, tropical de savana, mesotérmico, possuindo duas estações bem definidas durante o ano. As chuvas em anos padrões se iniciam no mês de outubro e terminam no início de abril. A média pluviométrica anual entre os anos de 1961 e 2009 gira em torno de 1500 mm de água, e as temperaturas máxima, mínima e média para o intervalo podem ser observadas na Figura 16, elaborado segundo os dados medidos na estação do INMET situada no município. Sua distribuição de chuvas e solos se assemelham ao que ocorre em praticamente toda região do Cerrado.

Nas subsecções a seguir serão detalhados como foram desenvolvidos os ensaios e as análises citadas, quanto às metodologias e métodos seguidos.

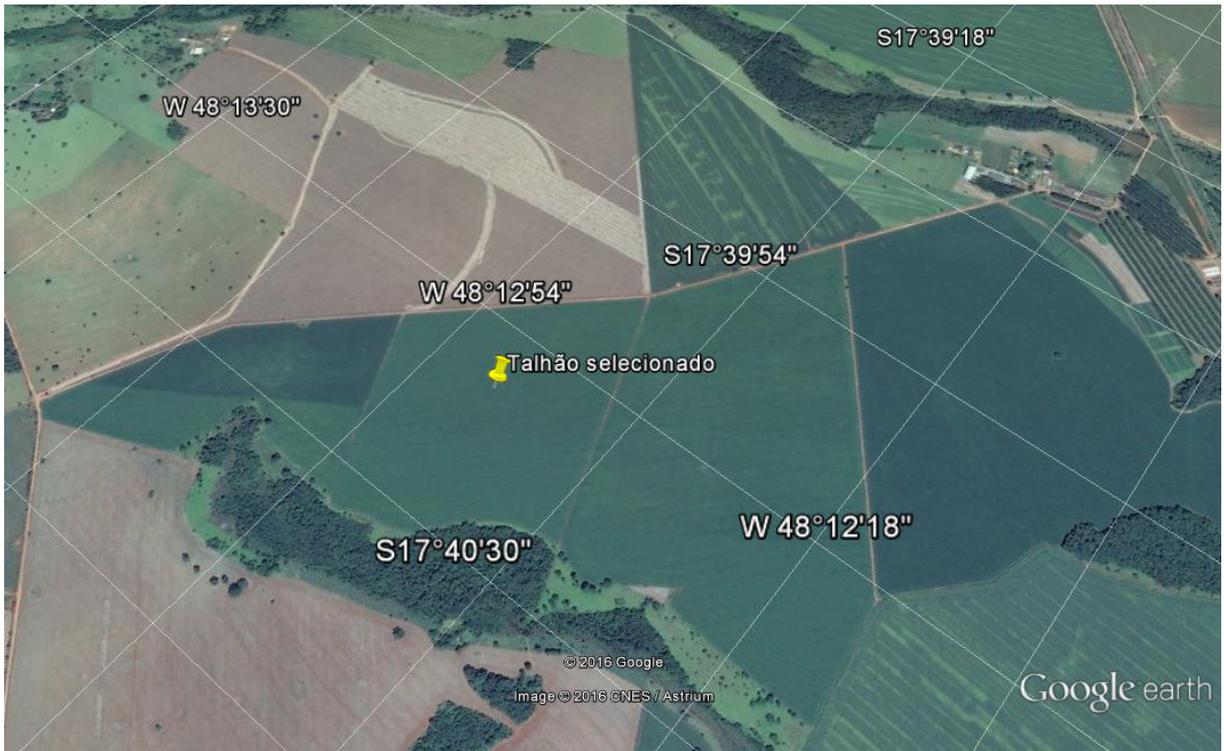


Figura 15 - Imagem de satélite da área experimental.
 Fonte: Google Earth, 2016.

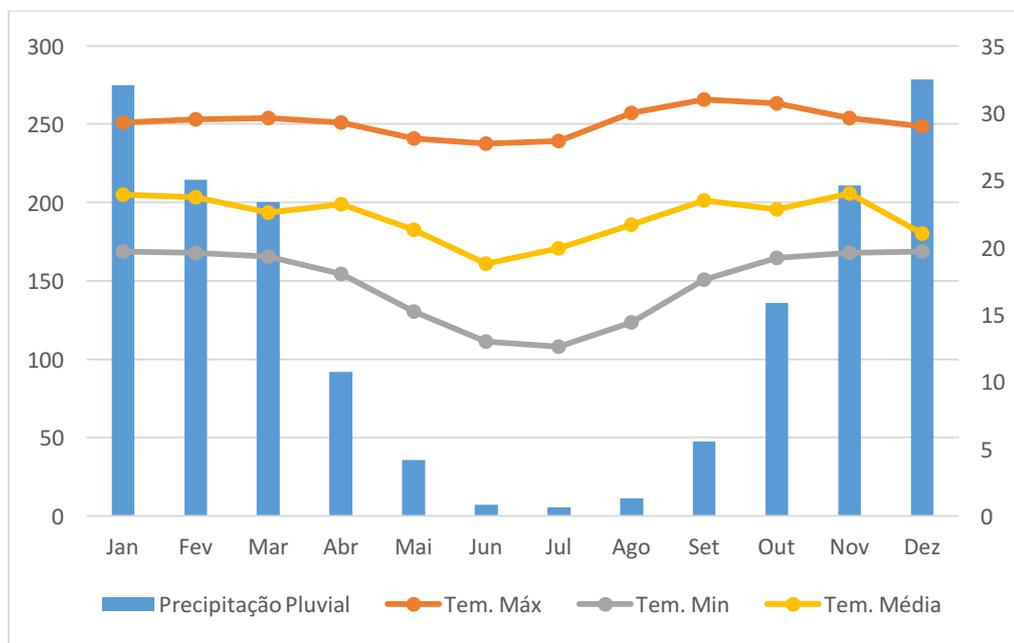


Figura 16 - Gráfico de precipitação pluvial média (mm), médias de temperatura máxima, mínima e média (°C) entre os anos de 1961 e 2009.
 Fonte: Elaborado pela autora. Baseado nos dados da estação do INMET de Ipameri-GO.

3.2.1 Metodologia utilizada para a determinação dos limites de consistência

Os ensaios para definição dos limites de liquidez e plasticidade foram realizados nos laboratórios da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Foram coletadas 10 amostras deformadas na camada 0 a 20 cm de profundidade, e mais 10 amostras deformadas de 20 a 30 cm de profundidade no talhão selecionado na Figura 15. As coordenadas que delimitam a faixa retangular onde foram retiradas as amostras são: 17°40'7.17"S, 48°12'46.52"O; 17°40'3.71"S, 48°12'42.87"O; 17°40'5.25"S, 48°12'42.39"O; e 17°40'8.70"S, 48°12'46.03"O.

Para a condução dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade seguiu-se as normas DNER-ME 041/94, DNER-ME 122-94, DNER-ME 082/94, o livro de Mecânica dos Solos de Caputo (1988) e o Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa. As amostras foram preparadas para a realização dos ensaios segundo estas normas, secas ao ar até que fosse possível realizar sua degradação, reduzindo-se o tamanho natural das partículas individuais do solo. Passou-se a amostra ao ar na peneira e 2,0 mm, cuidando para que apenas os grãos maiores que a malha ficasse retidos.

3.2.2 Determinação do balanço hídrico do solo

As melhores datas para o manejo do solo foram determinadas utilizando-se o modelo de balanço hídrico SARRA. O balanço hídrico foi efetuado de setembro a junho, para os anos entre 1981 e 2010. Gerou-se, dessa forma, informações diárias quanto a quantidade de água no solo durante a safra e a safrinha. Esses resultados foram comparados aos estados de consistências do solo das amostras coletadas, para determinar em quais dias o solo se encontra em melhores condições de trabalho, adotando-se a condição friável para tal. O balanço hídrico foi realizado com o uso das seguintes variáveis:

- a) Precipitação pluviométrica: foram usadas séries histórica de chuvas com 29 anos de dados diários registrados na estação do INMET alocada no município de Ipameri-GO.
- b) Evapotranspiração potencial: a evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Penman-Monteith.
- c) Coeficientes de cultura (Kc): usou-se valores de Kc iguais a 1, pois não havia interesse de se avaliar o solo juntamente com o desenvolvimento da cultura.
- d) Reserva útil de água nos solos: foi estimada observando-se a camada de solo que ao apresentar uma determinada quantidade de água torna-se inapta às manobras no

campo. Considerou-se essa camada como tendo 40cm de profundidade, e calculou-se a capacidade de armazenamento de água para o solo do talhão selecionado na fazenda, 1,13mm h₂O/cm.

As análises granulométrica e química contidas na Tabela 3 foram fornecidas pelos gestores da propriedade. Estas análises foram usadas para a determinação da curva de retenção de água no solo apresentada no anexo desse documento (Tabelas 17 e 18, Figura 20). A curva de retenção de água no solo descreve a dinâmica de água no solo, representando graficamente a relação entre a energia de retenção de água e o conteúdo de água correspondente, o qual depende de características particulares de cada solo (textura, estrutura, mineralogia e matéria orgânica) (Beutler et al., 2002). Para a determinação da curva utilizou-se o modelo duplo van Genuchten, que permite relacionar, com alto poder de predição, a energia de retenção e disponibilidade hídrica do solo (Dexter, 2004). Todos esses dados serviram como parâmetros de entrada para a realização da simulação do modelo de balanço hídrico SARRA.

Tabela 3 - Parâmetros de entrada para estimação da curva de retenção de água e simulação no software SARRA.

Fonte: Gestores da propriedade estudada.

Análises	Resultados
Densidade do solo (g/cm ³)	1,19
Teor de argila (%)	55
Teor de areia total (%)	40
Teor de silte total (%)	5,0
Teor de matéria orgânica (%)	2,7

O modelo estimou o reserva útil radicular (RUR), isto é, a reserva útil presente na camada de 40cm estipulada como um dos parâmetros de entrada da simulação. Desconsiderou-se a presença de culturas durante a simulação. Assim, obteve-se a quantidade de água contida nessa profundidade, sendo que para cada dia teve-se 29 valores de conteúdo de água, um para cada ano.

Em seguida calculou-se a média diária de conteúdo de água destes 29 valores, e comparou-se diretamente a média diária com a umidade encontrada para o limite de plasticidade. Dessa forma os valores encontrados para a média da RUR superiores ao limite de

plasticidade (LP) foram considerados impróprios por estarem na faixa de umidade referente ao estado plástico, e aqueles inferiores ao LP foram considerados ótimos por estarem na faixa de umidade friável.

3.2.3 Cálculo do dimensionamento do parque de máquinas

Posterior a realização dos ensaios de consistência e a simulação do balanço hídrico do solo, utilizou-se para a determinação das exigências do sistema, as equações listadas na seção 2.3 sobre o modelo de referência para dimensionamento do parque de máquinas. Primeiro determinou-se a capacidade operacional através da equação (1), em seguida a largura de trabalho pela equação (2), e por último utilizou-se a equação (3) e as relações para cálculo da potência no motor para determinar a potência requerida pelo sistema.

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO

4.1 Caracterização da Empresa

O estudo de caso foi realizado na Fazenda Santa Brígida, localizada na região conhecida como “região da estrada de ferro”, no município Ipameri-GO. A região caracteriza-se pela dominância da pecuária extrativista, por essa razão as pastagens encontram-se em processo de degradação. (OLIVEIRA et al., 2013)

Em outubro de 2006, a propriedade firmou acordo para a participação da Embrapa no projeto de recuperação da capacidade produtiva da propriedade, iniciando no mesmo ano o processo de recuperação. Além do suporte oferecido pela Embrapa a fazenda conta como o apoio da empresa John Deere e de outras empresas do ramo agropecuário que fazem parte do Projeto Rede fomento a ILPF. No período de 2011 e 2012 a fazenda dividia-se nas áreas apresentadas na Figura 17 e Figura 18. Totalizando 922 hectares, dos quais 450 hectares eram destinadas à área de uso alternado (AUA) e 60 ha à área de pastagem consorciada. As demais áreas podem ser observadas na figura. (OLIVEIRA et al., 2013)

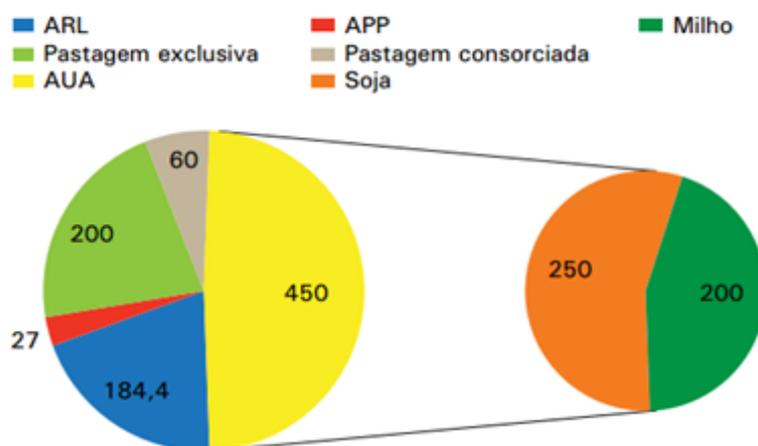


Figura 17 - Áreas, em hectares, da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, GO. (ARL: área de reserva legal; APP: área de preservação permanente; AUA: área de uso alternativo).

Fonte: Oliveira et. al., 2013.

Oliveira (2013) apresenta um histórico sobre a parceria, em meados de novembro de 2006 deu-se início a implantação do sistema ILP, culminando na implantação do elemento floresta no sistema, no verão da safra de 2008/2009. A Tabela 4 retrata como se deu a evolução do sistema de ILPF nas safras de verão de 2006/2007 a 2011/2012.

Tabela 4 - Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) utilizados na Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, Go, nas safras de verão de 2006/2007 a 2011/2012.
Fonte: Oliveira et al., 2013.

Gleba	Área (ha)	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
Pasto 1	22	arroz + braquiária (Sistema Barreirão)	soja	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)
Pasto 2	39	milho/sorgo silagem + braquiária (Sistema Barreirão)	soja	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)
Pasto 3	68	milho silagem + braquiária (Sistema Barreirão)	soja	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e sorgo granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)
Pasto 4	68	pasto degradado	soja de 1º ano	soja na 1ª safra e milho na safrinha	soja na 1ª safra e milho na safrinha.	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e milho granífero + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)
Lavoura 1	103	soja	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja (90 ha) na 1ª safra e milho na safrinha milho silagem + braquiária (13 ha)	milho + braquiária 93 ha (Sistema Santa Fé) pastagem (13 ha)	soja na 1ª safra e sorgo pastejo na safrinha (93 ha). milho grão + capim + guandu (Sistema Santa Brígida) + eucalipto (13 ha)	milho silagem + capim (43 ha) milho grão + capim eucalipto + braquiária + guandu (13ha)
Lavoura 2	40	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	pastejo	soja/palhada braquiária rotação lavoura-pastagem milho safrinha	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e milho na safrinha	milho + braquiária / pasto
Pasto 5	2,5	pasto degradado	experimentos + braquiária	arroz + eucalipto	soja/milho + braquiária + eucalipto	braquiária + eucalipto	braquiária + eucalipto
Pasto 6.1	31	pasto degradado	arroz na 1ª safra e sorgo safrinha	soja na 1ª safra e milho na safrinha	milho forrageiro + eucalipto	soja + eucalipto	milho forrageiro + braquiária (Sistema Santa Fé) + eucalipto
Pasto 6.2	18	pasto degradado	arroz	milho silagem + braquiária (Sistema Santa Fé)	Milho forrageiro + eucalipto	soja + eucalipto	milho forrageiro + braquiária (Sistema Santa Fé) + eucalipto
Pasto 7	48	pasto degradado	soja de 1º ano	milho + braquiária (Sistema Santa Fé)	soja	milho + braquiária no verão (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e milho + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)
Pasto 8	42	pasto degradado	soja de 1º ano	soja na 1ª safra e milho na safrinha	soja	milho + braquiária no verão (Sistema Santa Fé)	soja na 1ª safra e milho + braquiária na safrinha (Sistema Santa Fé)
Pasto 11	25	pasto degradado	pasto degradado	pasto degradado	mataduro + calagem + gessagem + fosfatagem	Pasto recuperado	pasto recuperado
Pastos 12 e 13	-	Pastos contíguos à reserva legal	-	-	-	-	-
Total	481,5	-	-	-	-	-	-

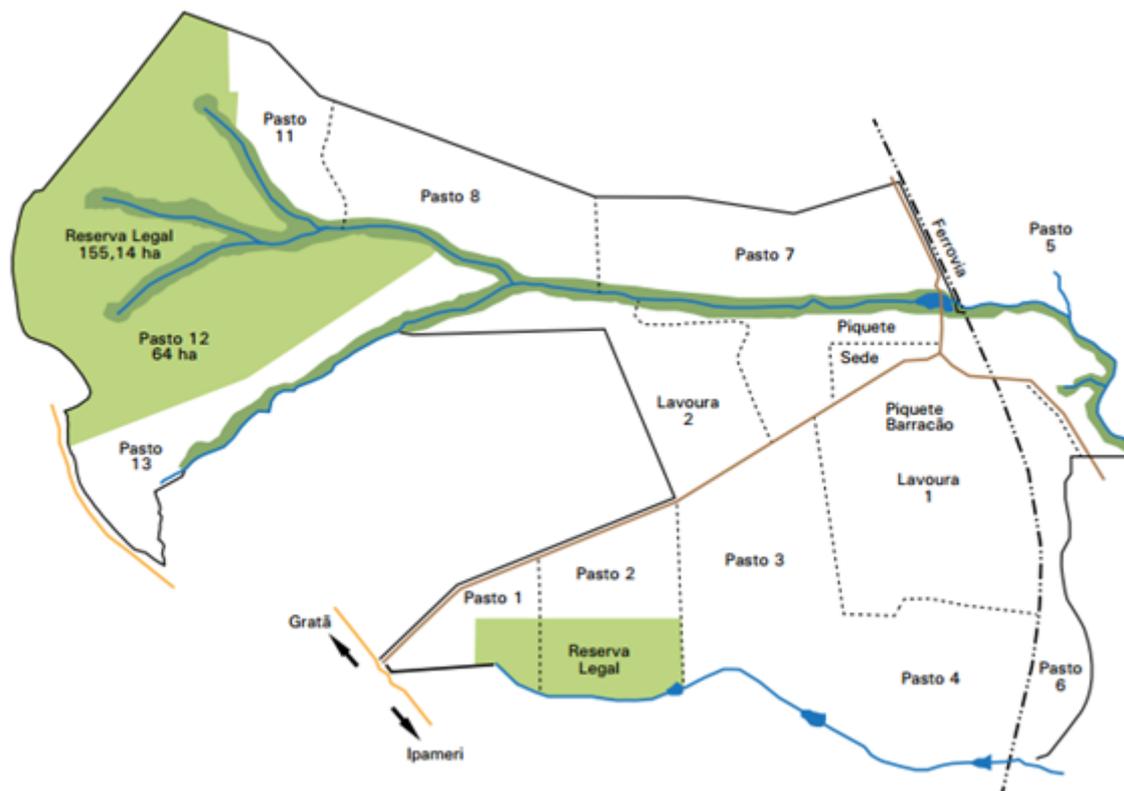


Figura 18 - Glebas da Fazenda Santa Brígida, em Ipameri, GO.
 Fonte: Oliveira et al., 2013.

Atualmente a propriedade faz uso da Integração Lavoura-Pecuária e utiliza Sistema de Plantio Direto na Palha (SPDP), principal instrumento desse tipo de projeto para recuperação de áreas de pastagem degradadas. Seu sistema de produção é pautado na Agricultura de Precisão, sistema de gestão de frota de máquinas e recentemente busca implementar o Tráfego Controlado.

No período de 2015/2016 foram consorciados e rotacionados na fazenda soja, milho/pastagem e gado. Na Tabela 5 são apresentadas as culturas selecionadas para o plantio nas safras de verão e safrinha. Observa-se que os 200 hectares de milho e braquiária consorciados na safra de verão foram destinados a ocupação animal durante o período da safrinha. Enquanto os 1650 hectares utilizados pela soja foram rotacionados com milho, girassol, sorgo, sorgo de alepo. Conforme apresentado pelos gestores da fazenda as culturas da safrinha foram escolhidas conforme a disponibilidade de tempo para o plantio, visto que a janela de plantio da safrinha deste ano foi afetada negativamente por fatores climáticos.

Tabela 5 - Culturas cultivadas durante a safra de verão e safrinha.
 Fonte: Elaborado pela autora.

	Safra Verão	Hectares	Ciclo (dias)
Milho e braquiária		200	140
Soja		1650	130
Safrinha			
Milho		1000	120
Girassol		200	105
Sorgo		200	90
Sorgo de alepo ou milheto		250	100

4.2 Resultados dos Ensaios dos Limites de Consistência

Nessa seção serão apresentados os valores encontrados para os limites de liquidez e plasticidade, calculados segundo as metodologias citadas na subseção 3.3.1. Nas Tabelas 6 e 7 são exibidos os valores de umidade obtidos através do ensaio de Limite de liquidez realizado para as profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 30 cm. Achou-se os coeficientes angulares e lineares para as duas curvas de umidade geradas para cada profundidade. Para a profundidade de 0 a 20 cm obteve-se $a = -0.13$, $b = 48,28$, $r^2 = 0,74$. No ensaio realizado na profundidade de 20 a 30 cm foram calculados $a = -0.35$, $b = 51.71$, $r^2 = 0.61$.

Seguindo as normas para determinação do limite de liquidez calculou-se o valor da função de umidade volumétrica no ponto referente ao de 25 golpes. Dessa forma tem-se 45,15% de umidade de 0 a 20 cm e 42,88% de 20 a 30 cm, e como média entre esses dois valores temos o limite de liquidez a 44,02% de umidade no solo.

Tabela 6 - Resultados medidos no ensaio de liquidez de 0 a 20 cm de profundidade.
 Fonte: Elaborado pela autora.

<i>Amostr</i>	<i>Pan</i>	<i>Massa</i>	<i>Massa</i>	<i>Umidade gravimétrica</i>	<i>Umidade</i>
<i>ra</i>	<i>das</i>	<i>úmida (g)</i>	<i>seca (g)</i>	<i>(g/g) %</i>	<i>volumétrica (%)</i>
1	8	23,73	16,84	40,91	48,69
2	27	20,79	15,29	35,97	42,81
3	20	21,27	15,39	38,21	45,47
4	59	22,84	16,92	34,99	41,64
5	33	25,74	18,69	37,72	44,89
6	23	21,46	15,51	38,36	45,65
7	22	21,57	15,58	38,45	45,75
8	24	24,11	17,56	37,30	44,39
9	18	20,33	14,63	38,96	46,36
10	29	23,34	17,01	37,21	44,28

Tabela 7 - Resultados medidos no ensaio de liquidez de 20 a 30 cm de profundidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

<i>Amostr ra</i>	<i>Panca das</i>	<i>Massa úmida (g)</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Umidade gravimétrica (g/g) %</i>	<i>Umidade volumétrica (%)</i>
1	30	20,46	15,17	34,87	41,50
2	12	28,02	20,02	39,96	47,55
3	19	33,48	24,30	37,78	44,96
4	32	31,87	23,52	35,50	42,25
5	27	22,98	16,80	36,79	43,78
6	26	17,99	13,25	35,77	42,57
7	24	26,78	20,39	31,34	37,29
8	9	26,54	18,77	41,40	49,26
9	16	23,66	16,95	39,59	47,11
10	17	24,19	17,45	38,62	45,96

As Tabelas 8 e 9 exibem os resultados medidos na condução do ensaio para determinação do limite de plasticidade. Assim como o Limite de Liquidez, o ensaio foi realizado para 10 amostras para as profundidades de 20 cm e 30 cm. Foi calculada a média da porcentagem de umidade contida em cada uma das profundidades, e para a determinação do Limite de Plasticidade calculou-se a média entre as duas médias, obtendo-se 28,96%.

Tabela 8 - Resultados medidos no ensaio de plasticidade de 20 a 30 cm de profundidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

<i>Amostr a</i>	<i>Massa úmido (g)</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Umidade gravimétrica (g/g) %</i>	<i>Umidade volumétrica (%)</i>
1	1,92	1,56	23,08	27,46
2	1,44	1,16	24,14	28,72
3	1,91	1,54	24,03	28,59
4	2,07	1,66	24,70	29,39
5	1,95	1,56	25,00	29,75
6	1,52	1,2	26,67	31,73
7	1,95	1,55	25,81	30,71
8	2,2	1,79	22,91	27,26
9	1,99	1,6	24,38	29,01
10	1,99	1,6	24,38	29,01
<i>Média</i>			24,51	29,16

Tabela 9 - Resultados medidos no ensaio de plasticidade de 0 a 20 cm de profundidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

<i>Amostr a</i>	<i>Massa úmido (g)</i>	<i>Massa seca (g)</i>	<i>Umidade gravimétrica (g/g) %</i>	<i>Umidade volumétrica (%)</i>
1	1,83	1,46	25,34	30,16
2	1,85	1,49	24,16	28,75
3	1,87	1,51	23,84	28,37
4	1,62	1,32	22,73	27,05
5	1,88	1,52	23,68	28,18
6	1,91	1,54	24,03	28,59
7	2,09	1,68	24,40	29,04
8	1,98	1,58	25,32	30,13
9	2,04	1,65	23,64	28,13
10	2,13	1,71	24,56	29,23
<i>Média</i>			24,17	28,76

4.3 Resultado do Balanço Hídrico

A seguir serão apresentadas as análises dos resultados obtidos através da simulação do balanço hídrico no SARRA. Primeiramente os dados foram organizados em função dos meses selecionados para a simulação. Dessa forma para cada mês e cada dia do mês havia uma série história de dados indicando o conteúdo de água no solo, reserva de água real, entre os anos de 1981 e 2010. Realizada a filtragem dos dados, passou-se para a fase de análise estatística dos dados estratificados mensalmente, com o objetivo de determinar os melhores dias para o tráfego no solo, considerando-se o seu estado friável.

Para cada mês foi calculado a média diária de umidade presente no solo, o desvio padrão e o intervalo de confiança de 95%. Partindo desses novos resultados foram gerados os gráficos mensais contendo a média diária de conteúdo de água, os limites inferiores e superiores. Além dessas curvas traçou-se a reta Ponto_Corte que corresponde ao Limite de Plasticidade calculado, considerado como 29% de conteúdo de água. Abaixo deste limite o solo estará disponível para o trabalho, em uma condição friável, com menor risco de compactação e desestruturação do solo.

Para a contabilização dos dias disponíveis para trabalho considerou-se a curva da média diária da série calculada para cada mês. Os valores obtidos para cada dia foram comparados ao valor do limite de plasticidade, e aqueles que superaram o valor de 29% foram considerados

como dias inadequados para o trabalho. Para a situação contrária assumiu-se que seria um dia ótimo para o trabalho.

Para tentar estimar as probabilidades de acerto para cada dia se assumiu que a distribuição de probabilidade dos dados diários de conteúdo de água segue uma distribuição normal, e realizou-se um teste de hipótese. As tabelas contendo os valores obtidos deste teste e os gráficos detalhados do comportamento do conteúdo de água no solo encontram-se no anexo.

A Figura 19 apresenta uma compilação dos gráficos sobre a umidade do solo, e representa a progressão das curvas de umidade ao longo do período considerado para a simulação. Tem-se que durante todo o mês de setembro a curva de umidade média se encontra abaixo do limite de corte. Sendo assim para este mês, segundo a análise adotada, tem-se um total de 30 dias disponíveis para as operações.

Para o mês de outubro foram contados 31 pontos da curva média abaixo do ponto de corte, correspondendo a quantidade de dias para trabalho no mês. Observa-se que as quantidades de umidade no solo começam a progredir, sendo um indicativo do início do período chuvoso.

No mês de novembro observa-se que o limite superior ultrapassa o Ponto de corte em alguns pontos, porém todas as médias se situaram abaixo da linha, totalizando 30 dias disponíveis para o trabalho. Observa-se a tendência crescente das curvas de umidade no solo, evidenciando o aumento das precipitações pluviométricas.

Observando a Figura 19 é possível constatar que o mês de dezembro não apresenta bons resultados para o trabalho no campo. Este mês possui os maiores índices de precipitações durante o ano, justificando o comportamento constatado no gráfico.

O mês de janeiro é marcado por curvas decrescentes de umidade, contabilizou-se 13 pontos da curva média abaixo do ponto de corte. Partindo do mesmo princípio de análise dos meses anteriores obteve-se 18 dias para a realização das operações no mês de fevereiro.

Obteve-se um total de 5 dias para trabalho no mês de março. Comparado aos resultados de janeiro e fevereiro esperava-se que esse mês apresentasse uma quantidade de dias superior aos anteriores, por marcar o fim do período chuvoso. Porém ao analisar possíveis causas para esse comportamento foram encontrados trabalhos sobre um fenômeno que afeta o período de chuvas no cerrado, denominado “veranico”. O veranico é um fenômeno que afeta os cerrados, caracterizado pela interrupção da precipitação durante a estação chuvosa (ASSAD et al., 1993).

Assad et al. (1993) discute em seus resultados que existe uma alta frequência de veranicos no mês de janeiro, essa pausa nas precipitações poderia justificar o aumento da quantidade de dias para trabalho nos meses de janeiro e fevereiro, e a diminuição da quantidade de dias no mês de março. O aumento progressivo do conteúdo de água no solo observado a partir da segunda metade do mês de fevereiro e durante todo o mês de março poderia indicar a volta das chuvas.

Conforme apresentado na Figura 19 o mês de abril marca a entrada no período da seca. Totalizando a contagem dos pontos que atende ao critério definido se obteve 30 dias para as operações. No mês de maio observa-se que o comportamento decrescente se mantém (Figura 26). A quantidade de dias disponíveis para as operações é igual a quantidade de dias do mês.

O mês de junho conserva o comportamento dos meses precedentes. Para esse mês foram simulados apenas 14 dias, dos quais 14 estavam abaixo do ponto de corte. Assumindo que junho é um mês seco poderia se considerar que todos os dias do mês estariam abaixo do critério de seleção.

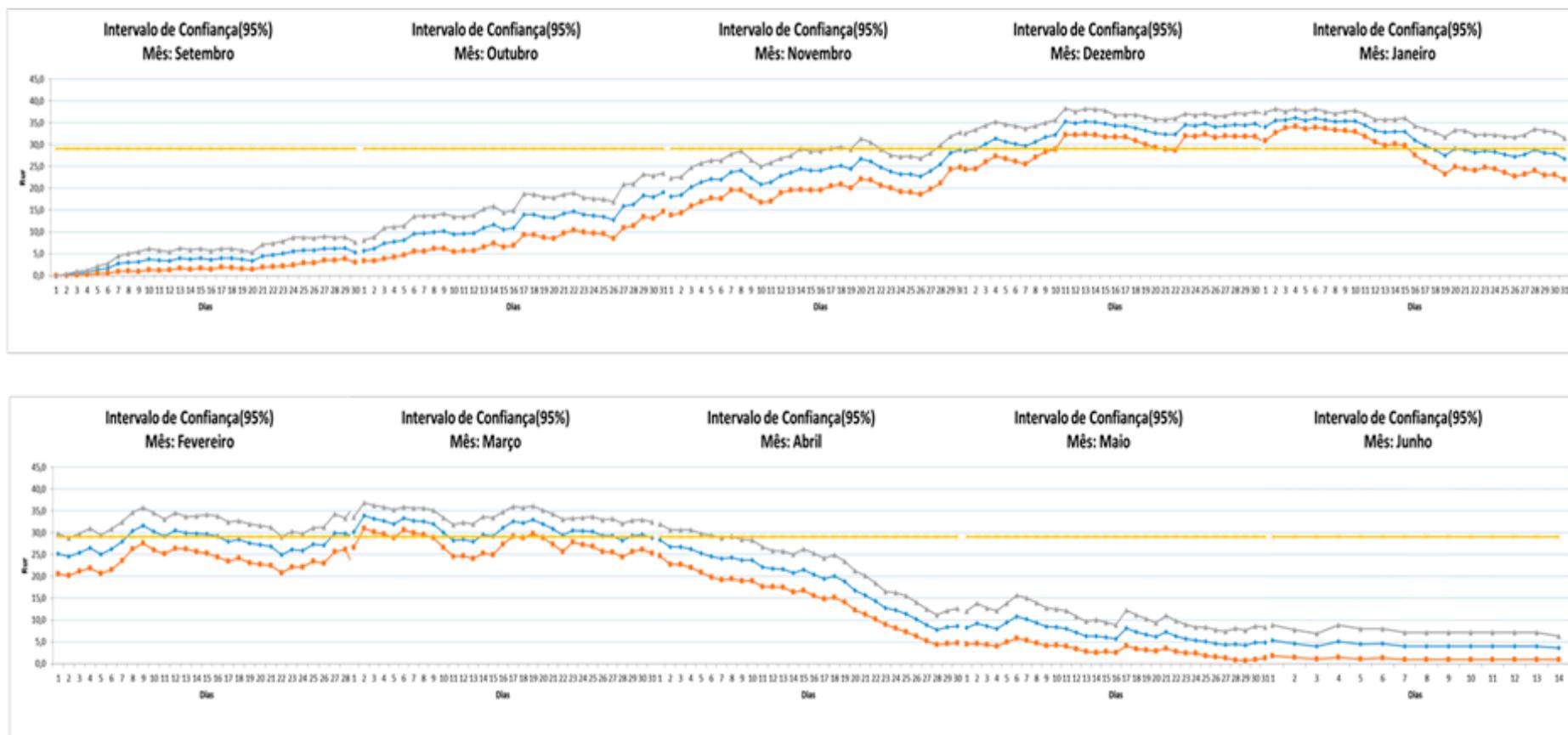


Figura 19 - Compilação dos gráficos de conteúdo de água no solo.
 Fonte: Elaborado pela autora.

—●— MÉDIA —■— Lim_Inf. —▲— Lim_Sup. —◆— Ponto_Corte

A Tabela 10 sintetiza os resultados obtidos através da contagem dos dias bons para o manejo do solo. Esses foram utilizados na elaboração do plano ou cronograma de operações, que será apresentado na seção subsequente.

Tabela 10 - Quantidade de dias disponíveis para trabalho
Fonte: Elaborado pela autora.

<i>Mês</i>	<i>Dias disponíveis</i>
<i>Setembro</i>	30
<i>Outubro</i>	31
<i>Novembro</i>	30
<i>Dezembro</i>	2
<i>Janeiro</i>	13
<i>Fevereiro</i>	18
<i>Março</i>	5
<i>Abril</i>	30
<i>Maio</i>	31
<i>Junho*</i>	14

Na seção a seguir serão apresentados o Cronograma ou Plano de Operações para a Safra de Verão e para a Safrinha, e os resultados dos cálculos utilizados para o dimensionamento do parque de máquinas.

4.4 Dimensionamento do parque de máquinas

Nessa seção serão apresentados alguns dados necessários para os cálculos de capacidade operacional, largura e potência requerida para operação e potência no motor do trator e seus resultados. A Tabela 5 apresentou a quantidade plantada para cada cultura no período de 2015/2016, esperava-se inicialmente cultivar 1650 hectares de milho durante a safrinha. Devido a fatores climatológicos o período de plantio da safrinha tornou-se apertado, ocasionando na escolha de outras culturas. Dessa forma, os cálculos serão realizados conforme o planejado inicialmente.

Verificou-se na fazenda que o espaçamento entre fileiras adotado para cada cultura foi de 0,45m para a soja, e 0,6 m para o milho. As atividades ou operações agrícolas necessárias para a realização da safra de verão e da safrinha, no sistema de plantio direto, são semeadura,

pulverização e colheita. A Tabela 11 indica a jornada trabalho diária, em horas, para as operações necessárias.

Tabela 11 - Jornada de trabalho diária para as operações agrícolas de Semeadura direta, Pulverização e Colheita

Operação	Jornada diária (h)
Semeadura	12
Pulverização	8
Colheita	10

A Tabela 12 exibe os valores típicos de eficiência e velocidade operacional para a semeadura, pulverização e colheita. Seus dados foram extraídos da *American Society of Agricultural Engineers* (1984, apud FOLLE e FRANZ, 1990). Franz, Fogolin Filho e Santo Junior (2010) encontraram valores de 3,2 kN de força de tração por linha no estado de consistência duro; 2,69 kN no estado de consistência friável; e 2,12 kN no estado de consistência plástico, este trabalho foi realizado para uma semeadura de soja com pouca cobertura se comparado a situação em que se encontra o ILP. No presente trabalho adotou-se o recomendado pela norma ASAE de 1999, sendo 3,4 kN/Linha.

Tabela 12 - Eficiência e velocidade (Km/h) para as operações de Semeadura direta, Pulverização e Colheita

Fonte: *American Society of Agricultural Engineers*, 1984; apud Folle e Franz, 1990.

Operações	Eficiência	Velocidade (km/h)
Semeadura direta	0,8	6,5
Pulverização de barras	0,8	11,5
Colheita	0,8	6,5

O cronograma de operações para as safras de 2015/2016 foi definido pela autora. Sua elaboração foi fundamentada nas culturas que pretendia-se explorar no período e seus calendários de cultivo, isto é, as melhores datas para serem cultivadas. Além disso considerou-se os dias disponíveis calculados na simulação do balanço hídrico do solo, contabilizando os dias para trabalho quinzenalmente. A Tabela 13 retrata a plano elaborado para o período de produção.

Tabela 13. Cronograma de operações de set/2015 a junho/2016

Fonte: Elaborado pela autora.

Quinzena/Mês	Total Quinzenal	Dias disponíveis	Operações
01/set	15	15	
02/set	15	15	Pulverização herbicida
01/out	15	15	Plantio da Safra de Verão
02/out	16	16	Plantio da Safra de Verão
01/nov	15	15	
02/nov	15	15	Pulverização contra pragas e doenças
01/dez	15	2	
02/dez	16	-	
01/jan	15	-	
02/jan	16	13	Pulverização secante
01/fev	15	7	Colheita da Sara de Verão / Plantio da Safrinha
02/fev	13	11	Colheita da Safra de Verão /Plantio da Safrinha
01/mar	15	3	
02/mar	16	2	
01/abr	15	15	
02/abr	15	15	Pulverização contra pragas e doenças
01/mai	15	15	
02/mai	16	16	
01/jun	15	14	Colheita da Safrinha

A seguir serão apresentados os resultados alcançados pelos cálculos de dimensionamento realizados. Primeiramente calculou-se a capacidade operacional, ou taxa de produção por hora, necessária para cobrir os hectares dentro dos prazos estipulados (Equação 1, seção 2.3). Em seguida calculou-se a largura dos implementos para que seja possível cumprir com a taxa estipulada (Equação 2, seção 2.3). Observa-se ser necessário diferenciar o plantio e a colheita da soja e do milho. Pois cada cultura apresentará um espaçamento típico para o plantio, e durante a colheita serão utilizadas plataformas de corte características de cada uma. Assim, a Tabela 14 indica as larguras de trabalho necessárias para cada operação, isto é, os requisitos mínimos do sistema estudado.

Analisando a Tabela 14 identifica-se que para a operação de pulverização tem-se o valor de 17,24 m como largura de trabalho limitante para a execução do trabalho. Para a operação de colheita considerou-se os valores da largura de 19,76 m para a soja e de 22,66 m para o milho como limitantes e requisitos mínimos do sistema. Estes valores guiaram a seleção da quantidade de colheitadeiras e a quantidade de plataformas de corte.

Tabela 14 - Capacidade Operacional e requisitos do sistema.

Fonte: Elaborado pela autora.

Operação	ha	Dias	Capacidade operacional (ha/h)	Largura (m)	Espaçamento (m)	Nº de Linhas
1 Pulverização Herbicida	1850	15	15,42	16,76	-	-
2 Plantio da Safra de Verão	1850	31	4,97	-	-	-
2.1 Plantio da Soja	1650	27,65	4,97	9,56	0,45	22
2.2 Plantio do Milho	200	3,35	4,97	9,56	0,60	16
3 Pulverização pragas e doenças	1850	15	15,42	16,76	-	-
4 Pulverização Secante	1650	13	15,87	17,24	-	-
5 Colheita da Safra de Verão	1850	18	10,28	-	-	-
5.1 Colheita da Soja	1650	16,05	10,28	19,76	-	-
5.2 Colheita do Milho e Braquiária	200	1,95	10,28	19,76	-	-
6 Plantio da Safrinha	1650	18	7,64	-	-	-
6.1 Plantio do Milho	1650	18	7,64	14,69	0,60	25
7 Pulverização	1650	15	13,75	14,95	-	-
8 Colheita da safrinha	1650	14	11,79	-	-	-
8.1 Colheita do Milho	1650	14	11,79	22,66	-	-

Para quantificação da necessidade de máquinas e implementos da operação de plantio calculou-se a potência requerida pela operação. A semeadura necessita que o trator forneça a força necessária para realizar cortes no solo, em cada linha de plantio. Sendo assim, considerou-se os valores de 9,56 m de largura para a soja e 14,69 m para o milho. Em seguida calculou-se a quantidade de linhas destas semeadoras ideais para calcular a potência no motor dos tratores (Tabela 15). Tem-se que para selecionar o trator que atenda às necessidades de plantio da safra de verão e safrinha, deve-se ter em mente que o sistema exige uma potência mínima de 381,46 CV.

Tabela 15 - Potências para as larguras de trabalho selecionadas de cada cultura.

Fonte: Elaborado pela autora.

Operação	Potência demandada para operação (kW)	Potência necessária no motor do trator (kW)	Potência no motor do trator (CV)
Plantio Soja	135,06	246,90	335,69
Plantio Milho	153,47	280,47	381,46

Partindo da análise das exigências do sistema, resumiu-se os requisitos técnicos que devem ser atendidos durante a seleção das máquinas e implementos da propriedade na Tabela 16. Os resultados obtidos nessa tabela não são sugestões, mas um exemplo das exigências mínimas que devem ser cumpridas de acordo com as características da fazenda descritas anteriormente, como: tipo de sistema produtivo e operações, clima, solo, e jornadas de trabalho. Não foram consideradas as operações de apoio que são executadas na fazenda, e por consequência outros equipamentos que se farão necessários, por exemplo, para o carregamento de sementes e adubos, transporte de grãos, manutenção e infraestrutura.

Tabela 16 - Dimensionamento do sistema.

Fonte: Elaborado pela autora.

Máquinas & Implementos	Potência requerida pelo sistema (CV)	Largura mínima de trabalho (m)	Nº de Linhas
Pulverizador		17,24	-
Trator	381,46 (280,47 kW)		-
Semeadora plantio soja		9,56	22
Semeadora plantio milho		14,69	25
Colheitadeiras			-
Plataformas de corte milho		22,66	-
Plataformas de corte soja		19,76	-

Devemos destacar que ao projetar a quantidade de tratores, admitiu-se que existem riscos e necessidades envolvidos nas operações das máquinas, por isso não seria viável que apenas uma máquina fosse utilizada para cumprir a largura mínima de trabalho. Dessa forma seria possível adotar três tratores, e a soma das larguras de seus implementos deve ser no mínimo igual à largura mínima de trabalho calculada. Outra variável que restringiria o processo de seleção das máquinas seria o relevo da propriedade, pois em terrenos com muitos desníveis não seria indicado o trabalho com máquinas e implementos tão largos.

As semeadoras possuem acessórios que podem ser montados e adaptados tanto para o milho quanto para a soja, por esse motivo optou-se por três semeadoras e três tratores, onde a soma das potências e número de linhas das semeadoras atendam os cálculos das necessidades mínimas encontradas. Como uma das alternativas para atender essa demanda poderia ser adquirido um trator com potência aproximada de 150 cv e dois com potência aproximada de 115 cv.

Para a atividade de pulverização apenas um pulverizador autopropelido atenderia com folga a demanda exigida pela operação, visto que existem no mercado diferentes modelos com larguras de barra e capacidade operacional superior a demanda. Finalmente para a atividade de colheita, duas colhedoras seriam necessárias para cumprir o cronograma de operações, com plataformas para e milho e para soja.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente preocupação com as questões ambientais, e em particular, com o aquecimento global e com a possibilidade de ocorrerem mudanças do clima nos próximos anos, tem provocado discussões internacionais sobre medidas para mitigação dos danos ao meio ambiente. O Plano ABC é uma política pública que apresenta o detalhamento das ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário, e aponta de que forma o Brasil pretende cumprir os compromissos assumidos de redução de emissão de gases de efeito estufa neste setor.

É dentro deste contexto que o estudo se inseriu com intuito de compreender a dinâmica dos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, e todas as questões envolvidas na administração e planejamento rural. Além disso existe o interesse em estimular o desenvolvimento de novas pesquisas nesse setor que apresenta grande potencial de crescimento e destaca-se como atividade produtiva.

Na revisão da literatura observou-se a carência de publicações na área, ou seja, a carência de publicações que considere os aspectos técnicos do solo no planejamento do parque de máquinas.

A metodologia proposta para conduzir esta pesquisa foi adaptada de Mialhe (1974) e Folle e Franz (1990) mostrou-se viável. Foi possível a partir das estimativas de disponibilidade do solo diárias e da determinação dos estados de consistência do solo, ter maior acurácia na tomada de decisão quanto a necessidade de máquinas.

Quanto aos os resultados de requisitos do sistema e a quantidade de máquinas implementos da fazenda. Observa-se um superdimensionamento da frota de máquinas presente na fazenda. Porém deve-se ressaltar que devido a condição especial de parceria entre Embrapa, empresas agrícolas e a fazenda, a propriedade recebe suporte a suas atividades agrícolas com outros trabalhos de P&D e TT em que fazem parte mais equipamentos do que o necessário.

Observou também que as demandas energéticas variam conforme o estado de consistência em que são utilizadas as máquinas, traduzindo-se em custos de produção. Além de impactar nos resultados financeiro, trabalhar em estados de consistência inapropriados pode acarretar em perdas agronômicas e danos ao solo.

Ainda são necessários estudos mais aprofundados referente aos aspectos relacionados a seleção e otimização dos sistemas mecanizados baseados nos requisitos técnicos gerados nesta pesquisa.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

A pesquisa considerou que todos os pontos abaixo do limite de plasticidade estariam no estado friável, mais indicado para o trabalho no solo. Como sugestão para trabalhos futuros deve-se realizar o ensaio de contração para definir um limite inferior de umidade para a determinação dos dias de trabalho. Os diferentes estados de consistência se relacionam com a demanda de energia requerida pelas operações. Estes valores requeridos são refletidos nos custos de operação e podem ser minimizados através de um bom planejamento do manejo do solo. Alguns estudos definem o estado friável como o ideal para o trabalho, pois reduz a chances de compactação do solo e necessitam de uma demanda energética moderada.

Outra sugestão para trabalhos futuros se dá na análise dos dados gerados pela simulação do balanço hídrico. Para se atribuir maior acurácia às análises deve-se realizar um teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a que distribuição os resultados da simulação se assemelham.

A seleção das máquinas e implementos agrícolas deve considerar os aspectos técnicos ligados a necessidade do sistema, bem como os aspectos econômicos ligados a produção e implementação do sistema. Tais aspectos econômicos devem ser levados em consideração para justificar a atividade. Como proposta para aprofundar as análises do presente trabalho, deve-se incluir os custos ligados a seleção, manutenção, consumo dos equipamentos para o balanceamento do sistema. Outros fatores de risco devem ser incluídos na quantidade de máquinas como por exemplo riscos de defeitos, quebra e avaria em máquinas durante o trabalho.

Após a inclusão dos aspectos comentados acima e a devida consideração quanto ao processo de dimensionamento e seleção das máquinas e implementos, tornar-se possível automatizar o processo de análise técnica e financeira que suporta a tomada de decisão. Para alcançar o maior número de usuários deve-se elaborar um software que possa ser facilmente utilizado. Este software deve incluir o modelo de balanço hídrico, o modelo matemático de otimização da seleção segundo aspectos técnicos e econômicos e uma base de dados dos

modelos de máquinas e implementos disponíveis no mercado para a comparação dos arranjos de máquinas e implementos.

REFERÊNCIAS

- ASAE. Agricultural machinery management. 1999. In: ASAE standards 1999: standards engineering practices data. St. Joseph, p.359-66
- ASSAD, E. D. et. al. VERANICOS NA REGIÃO DOS CERRADOS BRASILEIROS FREQUÊNCIA E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.28, n.9, set. 1993, p.993-1003.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. 1ª Edição. Brasília, DF: EMBRAPA, 2011. 130 p.
- BALASTREIRE, L. A. Máquinas Agrícolas. São Paulo: Manole, 1987, 309 p.
- BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. Module SARRABIL guide d'utilisation. Montpellier: CIRAD, 1996, 32p.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I. & ROQUE, C.G. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:829-834, 2002.
- BORTOLOTTO, V. C.; NETO, R. P.; BORTOLOTTO, M. C. 2006. Demanda Energética de uma Semeadora-Adubadora para Soja sob Diferentes Velocidades de Deslocamento e Cobertura do solo. *Revista de Eng. Agric., Jaboticabal*, v.26, n.1, p.122-130, jan./abr.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.
- CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e Suas Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 6ª edição, 1996.
- CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. Rio de Janeiro: Elsevier, 7ª edição, 2003.
- CORDEIRO, L. A. M et al. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Coleção 500 perguntas, 500 respostas. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. 393 p.
- CUNHA, G. et al. R. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo*, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.400-414, 2001
- DEXTER, A.R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120:201-214, 2004.
- DUBOC, E. Cerrado: sistemas agroflorestais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

- DNER ME – 122/94 Solos – Determinação do limite de liquidez. Brasília, 1994.
- DNER ME – 082/94. Solos – Determinação do limite de plasticidade. Brasília, 1994.
- DNER ME – 41/94. Preparação de amostras de solos para ensaios de caracterização. Brasília, 1994.
- EMBRAPA – CNPS. Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B. Trator Agrícola: características e fundamentos para sua seleção. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1990. 24 p.
- FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ASSAD, E. D. Dias prováveis de trabalho para dimensionamento de máquinas na região dos cerrados. In: ASSAD, E. D. (Org) Chuva nos Cerrados: Análise e Espacialização. Brasília: EMBRAPA – CPAC: EMBRAPA – SPI, 1994. 423p.
- FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M.; ROCHA, F. E. C. Parâmetros para Mecanização Agrícola na Região do Cerrado. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 2000. 19 p.
- FRANZ, C. A. B.; FOGOLIN FILHO, N.; SA, M. A. C.; SANTO JUNIOR, J. D. G. Efeito da consistência do solo na demanda energética de uma semeadora em sistema de plantio direto em Latossolo (Oxisol) do Cerrado brasileiro. In: VI Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola, 2010, Chillán. VI Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola - CIIACH 2010. Chillán: Universidad de Concepción, 2010. v. 1.
- GIMENEZ, L. M. Diagnóstico da mecanização em uma região produtora de grãos. 2006. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- HOFFMANN, R et al. Administração da empresa agrícola. São Paulo: Pioneira, 1987, 5ª edição.
- KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. Metodologia da pesquisa: guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88p.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. 2001. Consistência De Um Latossolo Roxo Submetido A Diferentes Sistemas De Uso E Manejo. R.C. Suelo Nutr. Veg. [online]. Jun., Vol. 1, No. 1.
- KLUTHCOUSKI, J. Estudo de Caso: Fazenda Santa Brígida. XXIII FÓRUM ABAG – INTEGRAÇÃO LAVOURA, PECUÁRIA E FLORESTA. Maringá, 18 de maio de 2012. Disponível in:< <http://www.abag.com.br/media/pdf-foruns/forumXXIII/joao-k-estudo-de-caso-f-s--maringa.pdf>>
- LIMA, F.B.; SANTOS, G.O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009.89 f. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. 1. Estrutura dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. 1ª Edição. Dourados, MS: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2011. 46p.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO, A. S. 2005. Máquinas para preparo do solo semeadura e adubação. 2. ed. Pelotas: Editora e Gráfica da Universidade Federal de Pelotas, v. 1. 253 p.

MARION, J. C.; SEGATTI, S. Gerenciando custos agropecuários. Custos e @gronegocio on line - v. 1 - n.1 - Jan/Jun - 2005.

MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção, v.17, n.1, p.216-229, 2007.

MIGUEL, P.A. C. (organizador) Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Elsevier: ABEPRO, Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, M. P. Dimensionamento operacional e econômico de um sistema de colheita mecanizada de cana-de-açúcar: estudo de caso. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA, P. et al. Evolução de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brígida, Ipameri, GO. Planaltina, DF: Embrapa CPAC, 2013. 50 p.

PACHECO, E.P. Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007. 750 p.

PEREIRA, A. R. SIMPLIFICANDO O BALANÇO HÍDRICO DE THORNTHWAITE-MATHER. Nota. Bragantia, Campinas, v.64, n.2, 2005, p.311-313.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, 3ª edição, 2006.

SANTOS, G.O; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço Hídrico Como Ferramenta De Planejamento Agropecuário Da Região De Marinópolis, Noroeste Do Estado De São Paulo. Ilha Solteira – SP, 2006.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. Administração de custos na agropecuária. São Paulo: Atlas, 3ª edição, 2002, 165 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: UFSC, 4. Ed, 2005, 138p.

SILVA, R. A. G. Administração Rural: teoria e prática. 2ª Edição. Curitiba: Juruá, 2011. 194p.

SLACK, N. et. al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1. Ed., 2006.

SOUZA, D. M. G.; CARVALHO, L. J. C. B., MIRANDA, L. N. Correção da Acidez do Solo. In: GOEDERT, W. J. (editor) Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1985. 422 p.

TUBINO, D. F. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUSA, D. M. G. Benefícios da integração entre lavoura e pecuária. 1ª Edição. Planaltina, DF: EMBRAPA – CPAC, 2001. 21 p.

ANEXO

Curva de Retenção de Água.

Tabela 17 - Parâmetros gerados para o cálculo da curva de retenção de água.

Fonte: Elaborado pela autora.

Parâmetros	
Densidade de partículas (g/cm³)	2,65
θ_s	0,4060
θ_r	0,1777
n	1,3477
α	0,6743
Porosidade Total	0,4630
Capacidade de campo à 10kPa (g/g)	0,2931
Ponto de murcha permanente (g/g)	0,1982
Água disponível (mmH₂O/cmSolo)	1,13

Tabela 18 - Dados da curva de retenção de água.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tensão (kPa)	θ (g/g)
1,00	0,3803
3,00	0,3419
6,00	0,3131
10,00	0,2931
35,00	0,2535
84,00	0,2337
406,00	0,2101
1027,00	0,2012
1515,00	0,1982

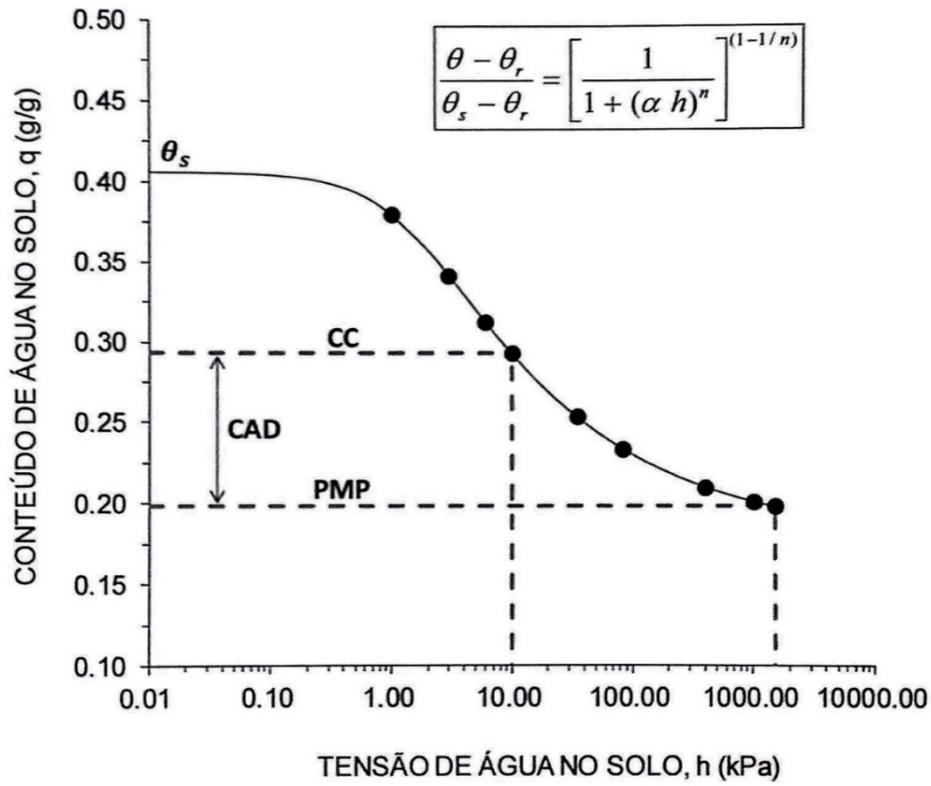


Figura 20 - Gráfico da curva de retenção de água.
 Fonte: Elaborado pela autora.

Máquinas e Implementos da Fazenda Santa Brígida.

Tabela 19 - Quantidade de máquinas da fazenda Santa Brígida.

Fonte: Elaborado pela autora.

Máquinas	Quantidade
<i>Colheitadeira</i>	2
<i>Pulverizador Autopropelido</i>	1
<i>Trator</i>	15

Tabela 20 - Quantidade de implementos da fazenda Santa Brígida.

Fonte: Elaborado pela autora.

Implementos	Quantidade
<i>Barra Do Pulverizador</i>	1
<i>Plantadeira</i>	5
<i>Plataforma De Corte</i>	2
<i>Plataforma De Milho</i>	2

Teste de Hipóteses

Tabela 21 - Probabilidades diárias de acerto na previsão de cada dia, calculada pelo teste de hipóteses assumindo uma distribuição normal dos dados.

Fonte: Elaborado pela autora.

Dias	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
1	-	100%	82%	52%	28%	62%	45%	53%	98%	99%
2	100%	100%	82%	50%	19%	65%	27%	58%	94%	100%
3	100%	99%	76%	46%	10%	62%	31%	59%	96%	100%
4	100%	99%	74%	42%	10%	58%	33%	59%	97%	99%
5	100%	99%	72%	44%	12%	63%	37%	62%	95%	100%
6	100%	96%	72%	46%	11%	59%	28%	63%	91%	100%
7	100%	96%	68%	48%	10%	53%	32%	65%	92%	100%
8	100%	97%	65%	43%	12%	45%	33%	64%	94%	100%
9	100%	96%	72%	39%	15%	41%	36%	66%	96%	100%
10	100%	96%	76%	36%	17%	46%	46%	66%	97%	100%
11	100%	97%	73%	23%	22%	49%	53%	71%	97%	100%
12	100%	96%	71%	21%	28%	45%	52%	74%	98%	100%
13	100%	94%	69%	22%	32%	46%	54%	74%	99%	100%
14	100%	93%	64%	22%	30%	47%	48%	76%	99%	100%
15	100%	95%	66%	25%	32%	48%	50%	72%	99%	-
16	100%	95%	66%	22%	41%	50%	42%	74%	100%	-
17	100%	88%	64%	23%	47%	53%	35%	77%	97%	-
18	100%	88%	63%	28%	51%	52%	37%	75%	98%	-
19	100%	89%	64%	31%	55%	55%	32%	79%	99%	-
20	100%	89%	57%	34%	50%	56%	37%	84%	99%	-
21	100%	89%	60%	36%	51%	57%	43%	86%	98%	-
22	100%	89%	64%	37%	53%	64%	49%	90%	99%	-
23	100%	92%	69%	22%	52%	60%	42%	94%	100%	-
24	100%	92%	70%	21%	53%	62%	44%	93%	100%	-
25	100%	92%	69%	19%	54%	56%	45%	94%	100%	-
26	100%	92%	71%	22%	56%	57%	49%	96%	100%	-
27	100%	83%	67%	20%	54%	47%	49%	98%	100%	-
28	100%	83%	61%	22%	50%	47%	53%	99%	99%	-
29	100%	79%	53%	22%	53%	50%	49%	98%	100%	-
30	100%	80%	51%	23%	53%	-	48%	97%	99%	-
31	-	79%	-	30%	57%	-	51%	-	99%	-

Gráficos de sobre o conteúdo de água no solo com base nas análises estatísticas realizadas.

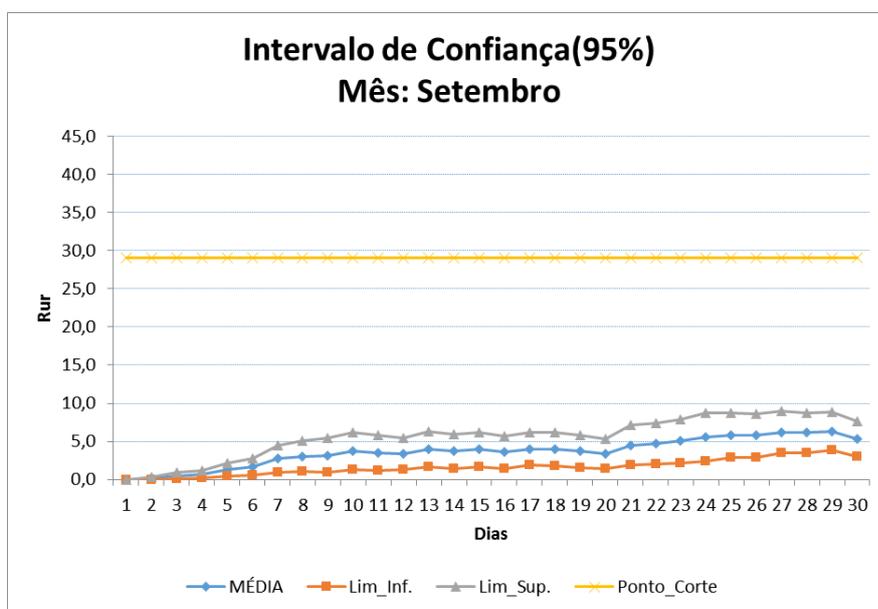


Figura 21 - Gráfico das análises para o mês de setembro.
Fonte: Elaborado pela autora.

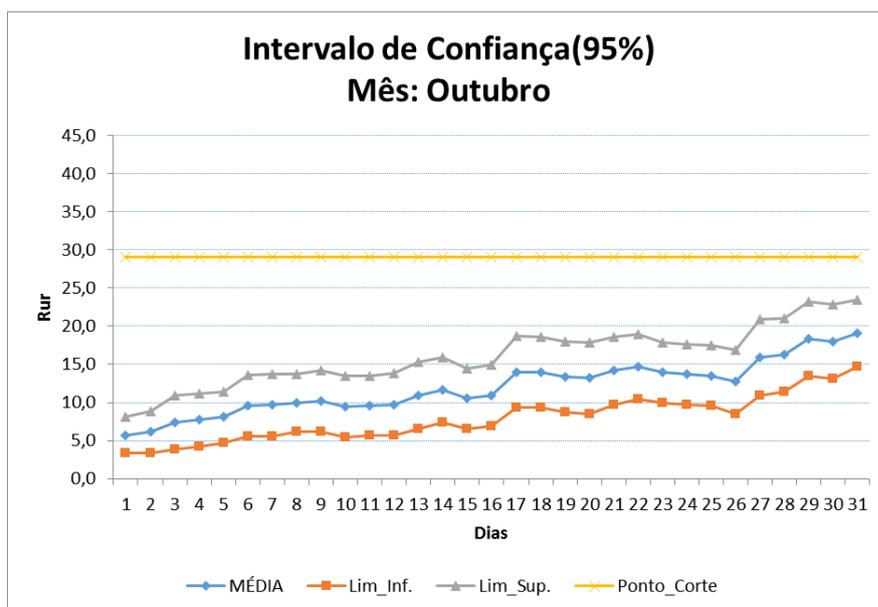


Figura 22 - Gráfico das análises para o mês de outubro.
Fonte: Elaborado pela autora.

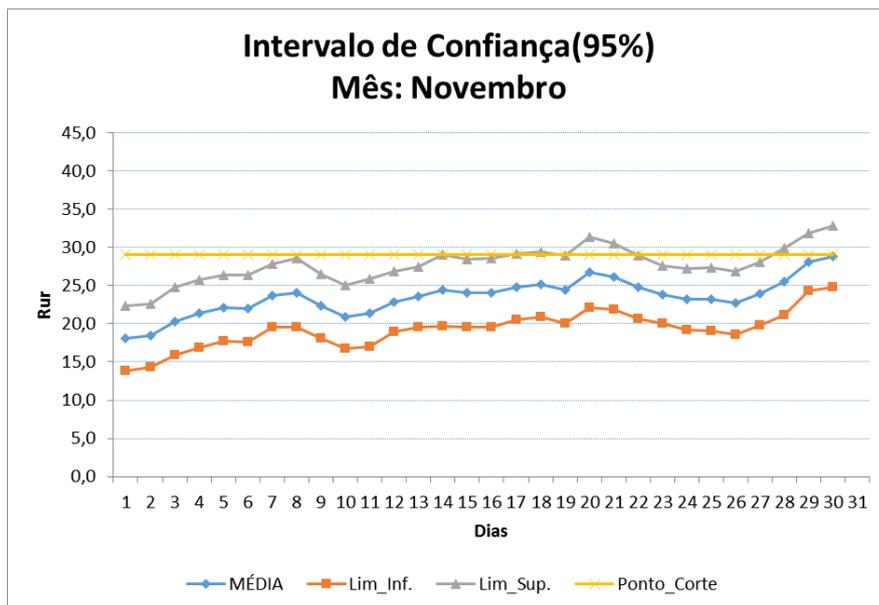


Figura 23 - Gráfico das análises para o mês de novembro
Fonte: Elaborado pela autora.

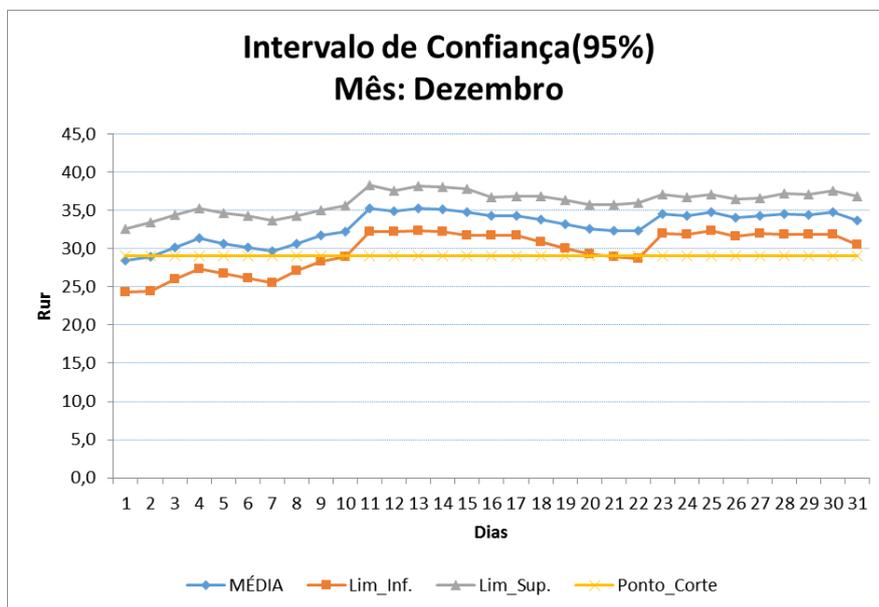


Figura 24 - Gráfico das análises para o mês de dezembro
Fonte: Elaborado pela autora.

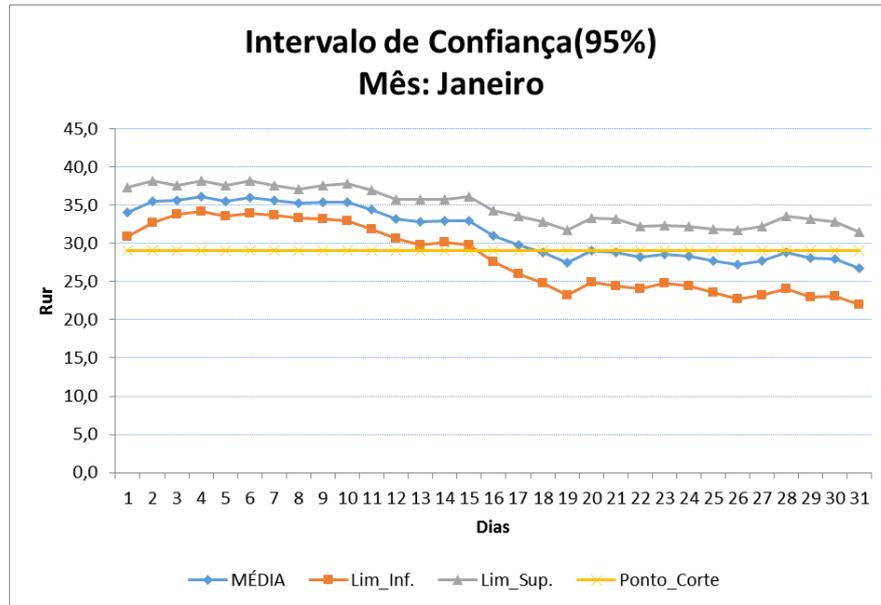


Figura 25 - Gráfico das análises para o mês de janeiro
 Fonte: Elaborado pela autora.

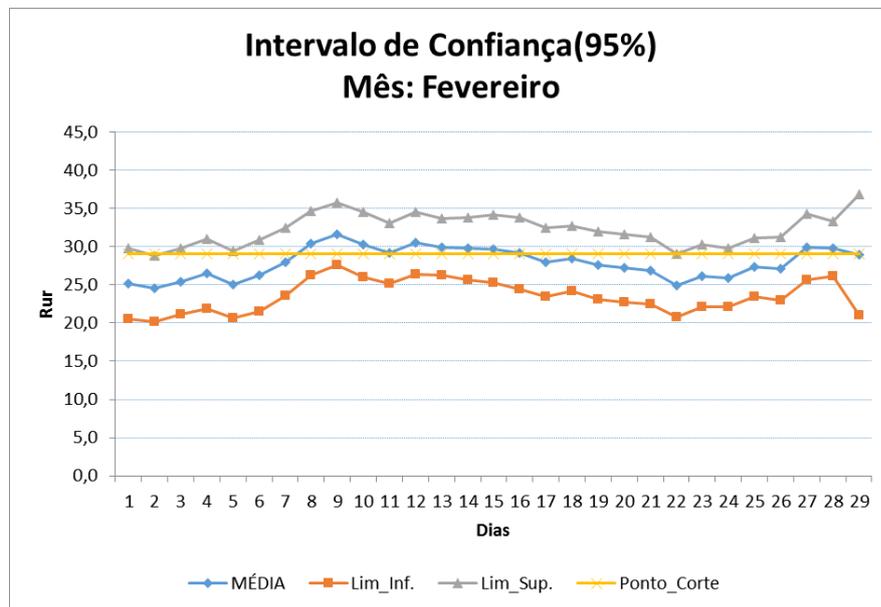


Figura 26 - Gráfico das análises para o mês de fevereiro
 Fonte: Elaborado pela autora.

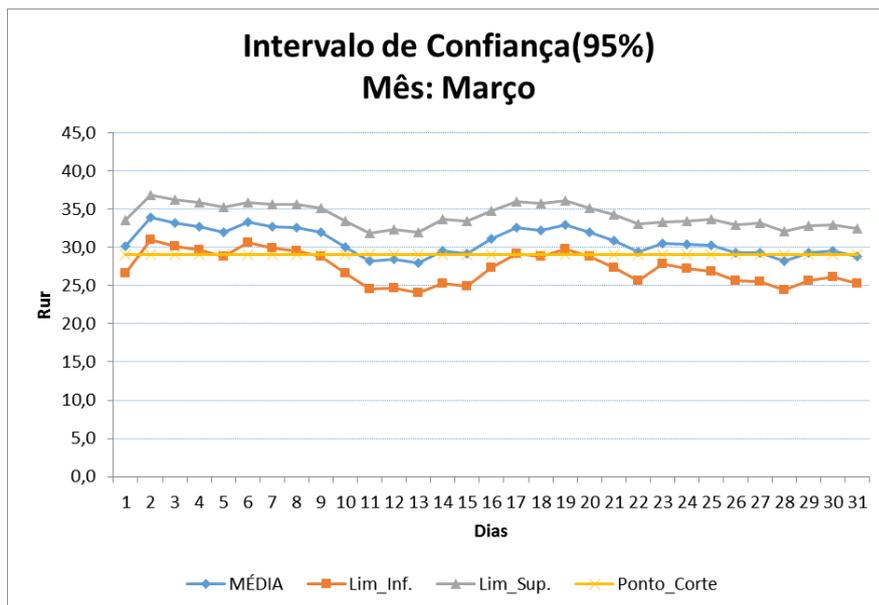


Figura 27 - Gráfico das análises para o mês de março
Fonte: Elaborado pela autora.

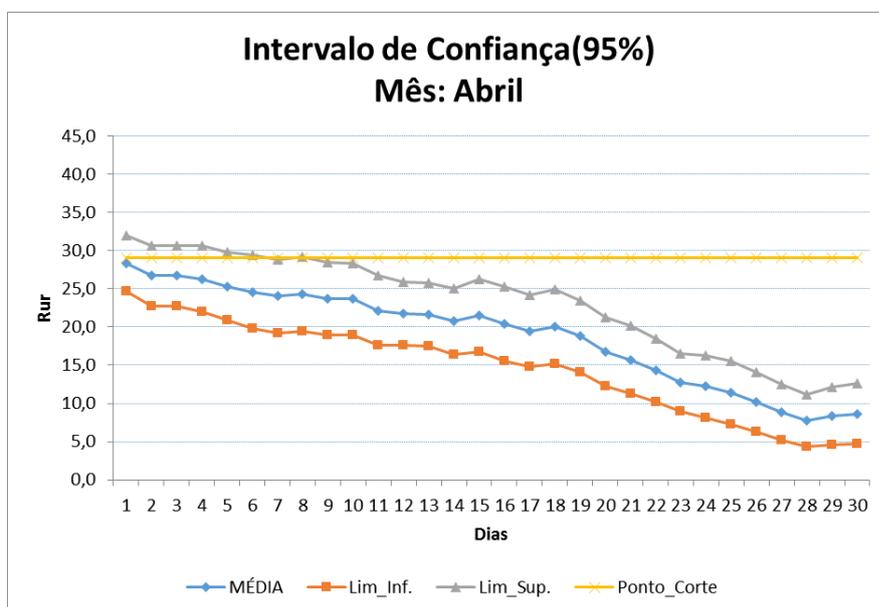


Figura 28 - Gráfico das análises para o mês de abril
Fonte: Elaborado pela autora.

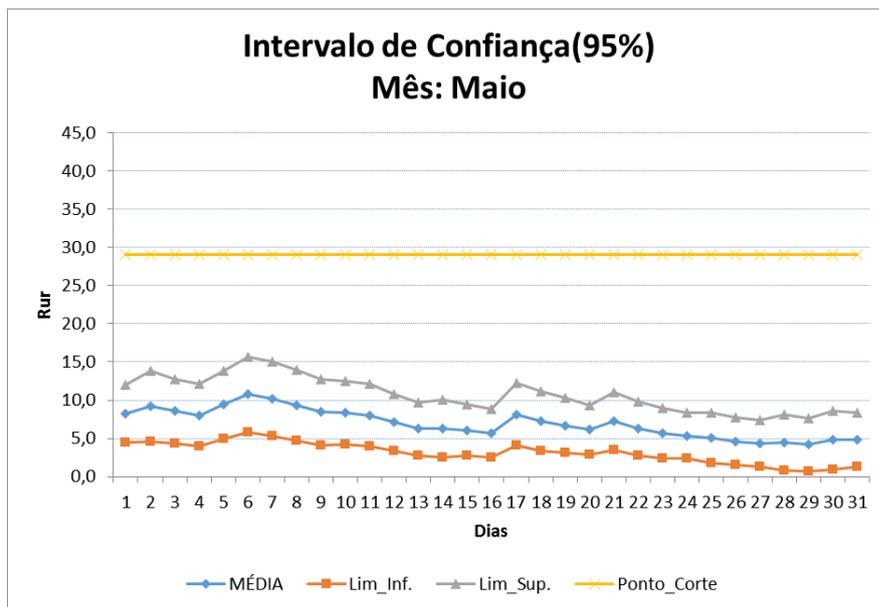


Figura 29 - Gráfico das análises para o mês de maio
 Fonte: Elaborado pela autora.

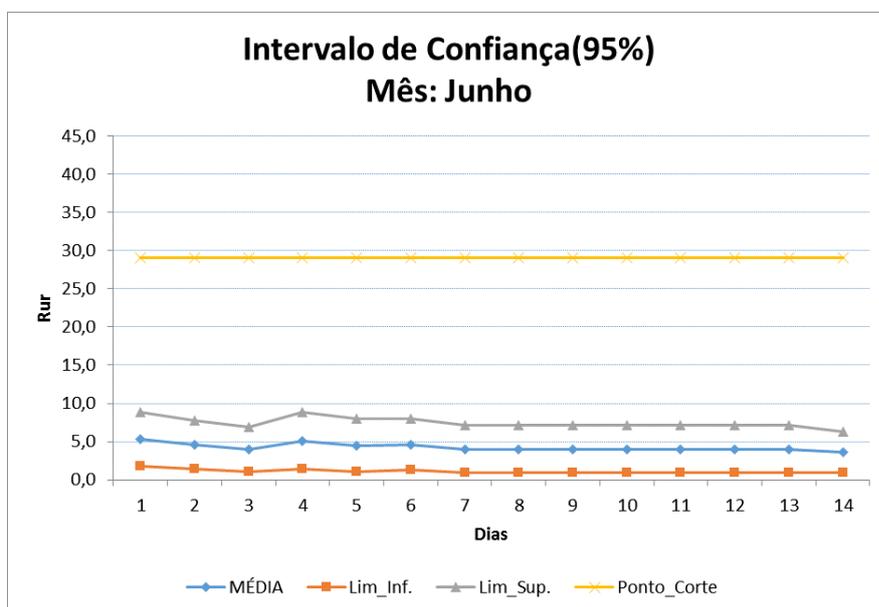


Figura 30 - Gráfico das análises para o mês de junho
 Fonte: Elaborado pela autora.