



Emprego da metodologia *System Dynamics* aplicada à tomada de decisão em uma propriedade agrícola produtora de grãos

**Ródney Ferreira Couto^{1 (PQ)*}, Clayton Luiz de Melo Nunes^{2 (PQ)}, Abadia dos Reis Nascimento^{2 (PQ)}
Cleonice Borges de Souza^{2(PQ)}**

¹Universidade Estadual de Goiás – UEG / Campus Central – Sede: Anápolis - CET

²Universidade Federal de Goiás – UFG / Escola de Agronomia – Campus Samambaia: Goiânia - GO

*rodney.couto@ueg.br

Resumo: Nos últimos anos as dificuldades enfrentadas por segmentos agroindustriais tornaram-se maiores e mais complexas, exigindo, sempre que possível, novas metodologias para resolução de problemas, controle e avaliação do desempenho dos processos produtivos. No tocante ao planejamento da produção agrícola a tomada de decisão do agricultor é um componente importante, uma vez que a decisão de muitos agricultores de antecipar ou retardar o plantio poderá comprometer o acesso à segunda safra. O objetivo do estudo foi desenvolver uma modelagem, baseada em *System Dynamics*, que possibilite subsidiar produtores agrícolas de grãos, como soja, no planejamento de suas atividades produtivas visando segunda safra. Após a construção e implementação do modelo foi possível examinar o efeito de uma alteração nas suposições básicas, ou simular o efeito de uma mudança no planejamento do agricultor, para compreender como essas alterações podem influenciar no planejamento do processo produtivo que o mesmo encontra-se inserido, no decorrer da safra.

Palavras-chave: Modelagem. Simulação. Planejamento da Produção.

Introdução

Conforme reportam Borlachenco e Gonçalves (2017), no Brasil os grãos, principalmente de culturas como soja e milho, testemunharam crescimento rápido da produção e da produtividade, em razão da expansão geográfica na região Centro-oeste do país e da adoção e difusão das inovações tecnológicas.

Na etapa de preparação para implantação da soja todas as etapas do processo devem ser bem planejadas e executadas para evitar prejuízo. Assim, realizar um bom planejamento permite maior assertividade na tomada das decisões (AGROSLIM, 2021).

O primeiro componente de uma decisão é a existência de um problema para o qual se deve encontrar uma solução. Numa propriedade agrícola, o que plantar,





quando e quanto é um problema crucial. Desta forma, o processo de decisão do agricultor é um componente importante na determinação do volume agregado da produção agrícola. Qualquer que seja a causa externa, como por exemplo condições climáticas adversas à cultura, a decisão de muitos agricultores de retardar ou antecipar o plantio de determinado produto poderá comprometer o desenvolvimento da safra em curso e impedir o acesso à segunda safra. É importante, então, analisar o que é esta decisão, em que consiste e quais os elementos que a compõe para poder atuar sobre ela, não no sentido de manipulá-la, mas de levá-la a uma maior racionalidade (ELKIO; ARAÚJO; GARRIDO, 1984).

Com o surgimento da pesquisa operacional, durante a segunda guerra mundial, houve uma dedicada atenção à "análise da decisão" através da formulação de modelos (DYER E SHAPIRO, 1982). Todavia, conforme destacam Gavira et al. (2002) nas simulações desenvolvidas nos primórdios da Pesquisa Operacional, os problemas eram resolvidos através da obtenção de resultados ótimos para cada parte individual do modelo.

Conforme esclarece Gavira (2003), à medida que a complexidade dos problemas cresceu, surgiu a necessidade de se utilizar uma abordagem mais sistêmica e generalista baseados em "System Dynamics" (DYNAMO, STELLA etc). Essa metodologia (System Dynamics) faz uso do conceito de pensamento sistêmico para a resolução de problemas e para o estudo de sistemas.

Em geral, o *System Dynamics* é uma metodologia utilizada para que se possa entender, através de modelos quantitativos e qualitativos, como evolui no tempo o comportamento de um sistema, que é composto por um conjunto de elementos que interagem continuamente, compondo uma estrutura unificada que apresenta resultados de seu funcionamento (COYLE, 1996; MASUDA e FIGUEIREDO, 2001).

Nesse sentido, vale destacar que para construção de um modelo eficiente, a simulação computacional deve levar em consideração a interdependência, ou seja, a forma como os elementos de um sistema interagem (WIAZÓVSKI e LÍRIO, 2003). O funcionamento do modelo desenvolvido baseia-se em cálculos matemáticos e permite que se façam testes de alterações dos parâmetros relacionados com o modelo, sendo possível constatar-se o que aconteceria se estas modificações fossem feitas no





empreendimento real. Essa capacidade de simulação, permite visualizar os resultados de mudanças no sistema, e possibilita também que se antevêja o funcionamento de um projeto, evitando desperdícios e/ou gastos desnecessários com equipamentos e/ou mudanças desfavoráveis (CASSEL et al., 2004).

Outro ponto importante quando se cria modelos utilizando a metodologia *System Dynamics* refere-se à possibilidade da simulação do mesmo caso em situações diversas, podendo-se aperfeiçoar os resultados que se pretende alcançar. Dentro desse cenário, surge a possibilidade apontada por diversos pesquisadores de aplicar o método de dinâmica de sistemas no processo produtivo, visto as possibilidades de simular o relacionamento dinâmico e influências das principais variáveis do processo produtivo utilizando de recursos de um software de computador (PICANÇO FILHO; FIGUEIREDO; OLIVEIRA NETO, 2009).

O objetivo do estudo foi desenvolver uma modelagem, baseada em *System Dynamics*, que possibilite subsidiar produtores agrícolas de grãos, como soja, no tocante ao planejamento de suas atividades produtivas visando segunda safra.

Material e Métodos

Para elaborar um sistema de simulação que represente o processo produtivo de grãos aplicável a uma propriedade agrícola é necessário monitorar o fluxo de informações da cultura em estudo, desde o plantio até a colheita, possibilitando a programação das atividades que deverão ser executadas (Figura 1).

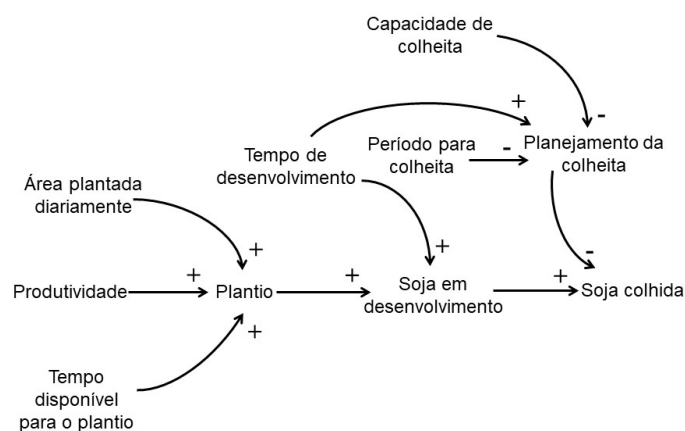


Figura 1. Diagrama de Forrester para o processo de produção de soja adotado na propriedade.





Foi considerado como ponto de partida para construção do modelo uma propriedade agrícola, produtora de soja, de 900 ha localizada no município de Rio Verde – GO. Essa propriedade possui uma estrutura que assegure atender um ritmo operacional diário para plantio e colheita de 60 ha, necessários para se respeitar a janela de plantio e possibilitar a utilização da mesma área em segunda safra. Assim, a semeadura deverá ocorrer até o fim da primeira quinzena de novembro. Logo, serão necessários 15 dias tanto para plantio quanto para colheita, considerando a escolha de uma cultivar que apresente ciclo médio, ou seja, 120 dias para seu desenvolvimento pleno. Tais ponderações são imprescindíveis para que o modelo desenvolvido consiga determinar o fluxo de plantio e colheita. A produtividade considerada para a cultura da soja foi de 58,33 sacas de soja/ha conforme informações levantadas em 2017, no referido município, e contidas no Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para o desenvolvimento da modelagem em *System Dynamics* foi utilizado o software Stella® versão 10.0.6 *Trial*, no qual foi estruturada a dinâmica do processo produtivo da cultura da soja.

Resultados e Discussão

A estrutura do modelo produtivo de soja (composto de estoques, conversores, fluxos e conectores) é apresentada na Figura 2.

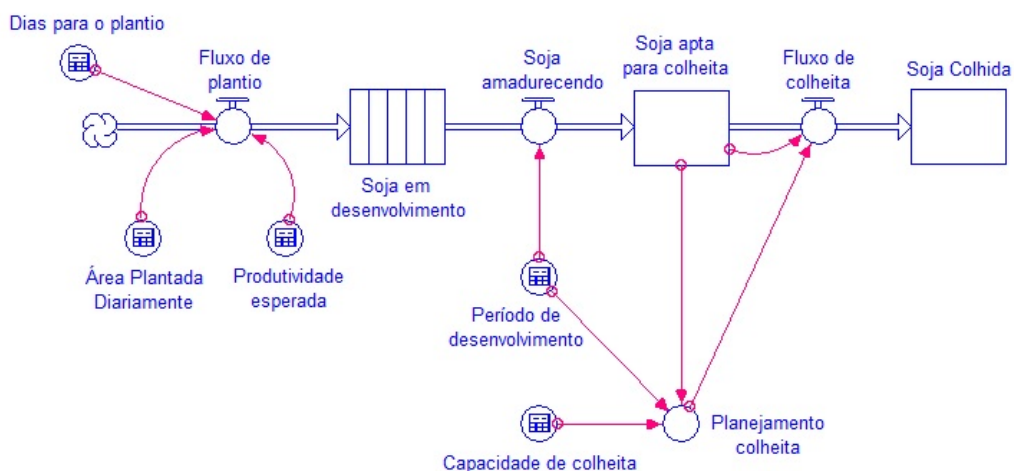


Figura 2. Planejamento e controle da produção agrícola de grãos de soja.





De acordo com a projeção de plantio, 60 ha/dia, são necessários 15 dias para realizar o plantio da área total (900 ha). Considerando 120 dias para o desenvolvimento da soja, os primeiros 100 ha semeados estarão aptos para a colheita no 121º dia, posteriormente serão mais 100 ha/dia aptos à colheita até o 136º dia, concluindo o processo de colheita (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados do modelo de Dinâmica de Sistemas aplicado ao processo produtivo de soja, em função dos dias transcorridos ao longo do desenvolvimento da cultura

Dias	Fluxo de plantio (ha)	Soja em desenvolvimento (ha)	Soja apta para colheita (ha)	Soja colhida (sacas de 60 kg)
0	60,00	0	0	0
1	60,00	60,00	0	0
2	60,00	120,00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
14	60,00	840,00	0	0
15	0	900,00	0	0
16	0	900,00	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
120	0	900,00	0	0
121	0	840,00	60,00	0
122	0	780,00	60,00	4.399,80
123	0	720,00	60,00	6.999,60
124	0	660,00	60,00	10.499,40
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
128	0	420,00	60,00	24.498,60
129	0	360,00	60,00	27.998,40
130	0	300,00	60,00	31.498,20
131	0	240,00	60,00	34.998,00
132	0	180,00	60,00	38.497,80
133	0	120,00	60,00	41.997,60
134	0	60,00	60,00	45.497,40
135	0	0	60,00	48.997,20
136	0	0	0	52.497,00
137	0	0	0	0

Fonte: Dados da pesquisa.





No que se refere a operação de colheita, as primeiras 5.833 sacas de soja (100 ha colhidos diariamente x produtividade de 58,33 sc/ha) estarão aptas a partir do 121º até o 135º dia.

Embora a produtividade real seja conhecida somente próximo à época da colheita ou durante esta operação, é comum os produtores estimarem uma produtividade mínima e, conseqüentemente, uma projeção de produção, baseado em registros de safras anteriores.

Com base no modelo desenvolvido é possível simular alterações no processo produtivo. A título de exemplo, se houver algum empecilho que atrase o início da etapa de plantio em 3 dias, como incertezas climáticas (umidade do solo), será necessário aumentar a capacidade operacional das semeadoras em 25% para que toda a área possa ser semeada dentro dos 12 dias restantes conforme previsto no planejamento inicial da propriedade para garantir acesso à segunda safra. Vale ressaltar que outras inúmeras hipóteses de alterações de parâmetros de entrada do modelo (tamanho da propriedade, tempo para plantio e colheita, produtividade esperada, duração do ciclo da cultura, interrupções não programadas que modifiquem as capacidades de plantio e colheita) podem ser previstas, analisadas e corrigidas com base no modelo desenvolvido em *System Dynamics*.

Considerações Finais

Com um simples modelo aplicado à uma propriedade agrícola produtora de soja, foi possível examinar o efeito de uma alteração nas suposições básicas, ou simular o efeito de uma mudança no planejamento do agricultor, para compreender como essas alterações podem influenciar no planejamento do processo produtivo que o mesmo encontra-se inserido, no decorrer da safra. Em uma situação real, uma experiência semelhante seria longa, dispendiosa, arriscada e em muitos casos impossível.





Agradecimentos

O coordenador do projeto agradece os comentários e sugestões do professor Marcelo Dias Paes Ferreira do departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Referências

- AGROSLIM. **Planejamento da soja: tudo que você precisa saber**. Disponível em: <<https://www.agroslim.com.br/2020/08/31/planejamento-da-soja-tudo-que-voce-precisa-saber/>>. (Categoria: Gestão Rural). Acesso em 15 de outubro de 2021.
- BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: Elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, v.18, n.1, p.119-128, 2017.
- CASSEL, R.A.; KLIPPEL, M.; JÚNIOR, J.A.V.A. Considerações críticas acerca da relação do mecanismo da função - Produção e a simulação computacional – um estudo de caso. In: Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENEGEP, 2004.
- COYLE, R.G. **System dynamics modelling: a practical approach**. Londres: Chapman & Hall/CRC, 1996. 432p.
- DYER, J.S.; SHAPIRO, R.O. **Management science/operations research: cases and readings**. New York: John Wiley & Sons, 1982. 388p.
- ELKIO CONTINI, E.; ARAÚJO, J.B.D.; GARRIDO, W.E. Instrumental econômico para a decisão na propriedade agrícola. In: ELKIO CONTINI, E.; ARAÚJO, J.B.D.; OLIVEIRA, A.J. GARRIDO, W.E. (Orgs). **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão**. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA – Departamento de Difusão da Tecnologia. 1984. p. 7-22.
- GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.





INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em 15 de outubro de 2020.

MASUDA, G.B.; FIGUEIREDO, R.S. Desenvolvimento de um simulador dinâmico manual de uma cadeia de distribuição para estudar um sistema submetido ao arquétipo denominado “crescimento e sub-investimento”. In: Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 21., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2001; p.02.

PICANÇO FILHO, A. F; FIGUEIREDO, R. S; OLIVEIRA NETO, O. J. Aplicação da metodologia system dynamics na avaliação da sustentabilidade econômico-financeira da bovinocultura de corte no município de Parintins – Estado do Amazonas. **Custos e @gronegócio on line**, Recife, v.5, n.2, p.33-58, 2009.

WIAZÓVSKI, B.A.; LÍRIO, V.S. Productive chain of slaughter beef: a systemic analysis of its competitiveness. In: IV Congresso Internacional de Economia e Gestão de Redes Agroalimentares, 4., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP, 2003.

