

## Otimização da relação retorno/risco em projetos de integração lavoura-pecuária

Recebimento dos originais: 11/09/2013  
Aceitação para publicação: 30/07/2014

### **Reginaldo Santana Figueiredo**

Doutor em Economia pela UFRJ

Instituição: Universidade Federal de Goiás – UFG

Endereço: Escola de Agronomia, Rodovia Goiânia - Nova Veneza, km Zero, Caixa-Postal: 131, Goiânia/GO. CEP: 74001-970.

E-mail: [emaildesantana@gmail.com](mailto:emaildesantana@gmail.com)

### **Kellen Cristina Campos Fernandes**

Mestre em Agronegócio pela UFG

Instituição: Instituto de Ensino Superior de Rio Verde – IESRIVER

Endereço: Rua Doze de Outubro, S/N - Jardim Adriana Rio Verde/GO.  
CEP: 75906-577.

E-mail: [kellenrv@yahoo.com.br](mailto:kellenrv@yahoo.com.br)

### **Luciano Cavalcante Muniz**

Doutor em Ciência Animal pela UFG

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão, Unidade de Estudos de Agronomia, Departamento de Economia Rural, Campus Universitário Paulo VI, Cidade Operária, São Luis/MA. CEP: 65000-000.

E-mail: [munizluciano@hotmail.com](mailto:munizluciano@hotmail.com)

### **Cleyzer Adrian da Cunha**

Doutor em Economia Aplicada pela UFV

Instituição: Universidade Federal de Goiás – UFG

Endereço: Escola de Agronomia, Rodovia Goiânia - Nova Veneza, km Zero, Caixa-Postal: 131, Goiânia/GO.

CEP: 74001-970.

E-mail: [cleyze@yahoo.com.br](mailto:cleyze@yahoo.com.br)

### **Odilon José de Oliveira Neto**

Doutor em Administração pela FGV/EAESP

Instituição: Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Endereço: Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Rua 20, nº 1600, Bairro Tupã, Ituiutaba/MG.

CEP 38304-402.

E-mail: [professorodilon@gmail.com](mailto:professorodilon@gmail.com)

## **Resumo**

O presente apresenta uma metodologia desenvolvida a partir da teoria do portfólio de Harry Markowitz para determinação otimizada da relação risco e retorno do projeto de integração

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

lavoura-pecuária desenvolvido pela EMBRAPA. A metodologia disponibiliza, como resultado de um processo de otimização, as combinações de risco e retorno esperado do respectivo projeto. De posse destas combinações usuário, a depender da sua propensão ao risco, pode escolher aquele portfólio que mais lhe aprouver. Os resultados da otimização do modelo desenvolvido mostraram que na safra de verão de 2008/2009, para um risco de 0,65%, tem-se um retorno esperado de 2,98% ao mês. Na safra de inverno de 2009, tem-se um nível de risco de 0,84% para um retorno esperado de 4,21% ao mês. A safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20% ao mês. Na safra de inverno de 2010, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19% ao mês. Foram construídas as fronteiras eficientes que disponibilizaram conjuntos de alocações ótimas para dado nível de risco e retorno.

**Palavras-chave:** Risco da atividade agrícola. Diversificação. Fronteira Eficiente.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, o rápido crescimento demográfico mundial tem elevado a demanda por alimentos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), para alimentar uma população estimada em nove bilhões de habitantes, em 2050, a produção mundial agropecuária deverá aumentar em 60%, um incremento de mil milhões de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de carne por ano comparativamente aos níveis de 2005/07 (FAO, 2012).

Entretanto, é extremamente limitada a possibilidade de expansão da área agropecuária em regiões temperadas e subtropicais do planeta Terra. Até 2050, estima-se que a área agricultável mundial aumente em 69 milhões de hectares, ou seja, menos de 5% da área atual (FAO, 2012). Dessa forma, nota-se que a oferta futura de alimentos para a crescente demanda populacional dependerá cada vez mais do aumento da produtividade e da recuperação de áreas degradadas nas regiões tropicais.

Nessa conjuntura, o Brasil é um dos poucos países que possuem condições que a expansão da sua produção agropecuária e atendimento a demanda crescente por alimentos. Conforme as previsões da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, até 2050, a produção agropecuária brasileira deverá aumentar em 40%, o que representa um incremento significativo à oferta mundial de alimentos (FAO, 2012).

O Cerrado brasileiro apresenta alto potencial para a produção agropecuária com importante destaque no cenário nacional. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em extensão, com cerca de 204 milhões de hectares, ocupando aproximadamente 24% do território nacional (EMBRAPA, 2006).

Desse total, 61 milhões de hectares são pastagens cultivadas, 14 milhões de hectares de culturas anuais e 3,5 milhões de hectares correspondem às culturas perenes e florestais. Em

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

relação à contribuição do Cerrado para a produção agropecuária, esse bioma responde pela produção de importantes produtos agrícolas do Brasil, com destaque para 60% da soja, 59% do café, 45% do feijão, 44% do milho, 81% do sorgo e 55% de carne bovina (EMBRAPA, 2006).

No entanto, segundo Aidar e Kluthcouski (2003), o desenvolvimento agropecuário do Cerrado nas décadas de 1980 e 1990, baseou-se o uso intenso dos fatores de produção, a expansão da fronteira agrícola, investimentos em mecanização; monoculturas e tecnologias com elevado consumo energético, com a intensificação do uso de defensivos e fertilizantes. Esses fatores resultaram na insustentabilidade de grande parte das explorações, ao mesmo tempo em que elevaram os custos de produção e degradaram o meio produtivo.

Para Kichel e Miranda (2002), o manejo inadequado da atividade agropecuária resulta na degradação das pastagens, baixos índices de produtividade das lavouras, redução da fertilidade do solo, baixa retenção de água e avanço dos processos erosivos no solo.

De acordo com Kichel *et al.* (1999), a degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira, por afetar diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo, uma vez que a pastagem passa a sustentar cada vez menos animais com o passar do tempo. Estima-se que cerca de 80% das pastagens no Cerrado brasileiro apresentam algum estágio de degradação (EMBRAPA, 2006).

Dias Filho (2005) ao apontar os benefícios da recuperação de pastagens degradadas, argumenta que do ponto de vista ambiental, o maior benefício é a redução da pressão de desmatamento em áreas de vegetação natural para a formação de novas pastagens. Do ponto de vista socioeconômico, o principal benefício é a recuperação da capacidade produtiva de áreas consideradas economicamente improdutivas, ao aumentar a oferta de alimentos e gerar mais renda. Assim, a recuperação de pastagens degradadas incentiva o aumento da produtividade da pecuária, sem promover a expansão da fronteira agrícola.

Contudo, a recuperação de pastagens pelo sistema tradicional é onerosa, em decorrência da necessidade de correção de acidez e adubação de manutenção. Além disso, o retorno do capital investido é debitado exclusivamente à produção de carne e/ou leite, tornando-se, muitas vezes, antieconômica a adoção dessas tecnologias (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2004).

Com o intuito de viabilizar a recuperação de grandes áreas com potencial agrícola, a Embrapa vem dedicando parte de suas pesquisas à recuperação de áreas com pastagens degradadas, com base na integração lavoura-pecuária.

A integração lavoura-pecuária se revela uma opção importante como modalidade de exploração econômica da terra, sobretudo pelo uso mais eficiente e racional dos fatores de produtivos (água e terra, especialmente); diversificação da produção; recuperação de áreas

degradadas; redução de riscos econômicos no cenário produtivo e a possibilidade de geração de receitas de forma continuada ao longo do ano.

A integração lavoura-pecuária garante benefícios tanto para as atividades agrícolas e pecuárias quanto para o próprio produtor rural, ao proporcionar a recuperação física, química e biológica do solo; quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas; produção de forrageira na entressafra; aumento da produtividade de carne e leite e redução dos custos de produção em geral.

De acordo com um estudo realizado por Martha Júnior *et al.* (2007), a integração lavoura-pecuária apresentou custos inferiores à pecuária tradicional e à pecuária praticada em pastos degradados. Na fase de recria-engorda, o custo operacional total da pecuária na integração lavoura-pecuária é de R\$ 46,22 por arroba, enquanto que em pastagens degradadas, o custo é de R\$ 58,55 por arroba. Por outro lado, na pecuária tradicional, o custo é em média R\$ 51,78 por arroba, um valor superior em 27% em custos comparado à produção com integração lavoura-pecuária.

Apesar da evidência científica da viabilidade técnica da integração lavoura-pecuária e do sinergismo entre as culturas anuais e pastagens, até o presente momento, não existe formalmente uma metodologia para a alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária.

A presente pesquisa se propõe a complementar o trabalho desenvolvido pela Embrapa, ao responder qual a proporção de recursos que deverá ser destinada a cada atividade, disponibilizando diferentes combinações de risco e retorno esperados associados às atividades envolvidas em projetos de integração lavoura-pecuária.

Para determinar a alocação ótima de recursos dos projetos de integração lavoura-pecuária foram estimados modelos baseados na teoria do portfólio de Markowitz (1952), uma das teorias mais importantes e robustas da área de finanças, e que tem como uma das finalidades principais a seleção de carteiras de investimento.

O objetivo do presente trabalho é analisar os portfólios ótimos estimados com base no risco e retorno esperados dos projetos de integração lavoura-pecuária, utilizando o modelo de Markowitz (1952). Especificamente, este estudo tem a finalidade de obter as fronteiras eficientes dos investimentos relacionados à integração lavoura-pecuária e verificar a relação risco e retorno dos respectivos projetos.

## 2. Metodologia

O risco está presente em qualquer atividade econômica, especialmente na atividade agropecuária. Os produtores rurais têm acesso a diversos mecanismos para a gestão desses

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

riscos. A diversificação é uma estratégia de gestão de risco que envolve a participação em mais de uma atividade. A diversificação parte do pressuposto de que os retornos de várias atividades não se movem para cima e para baixo em perfeita sincronia, de forma que quando uma atividade tem baixo retorno, as outras atividades provavelmente apresentariam retornos mais elevados (HARDWOOD *et al.*, 1999).

No presente estudo, será utilizada a teoria do portfólio, desenvolvida por Markowitz (1952), devido a sua grande contribuição para o gerenciamento dos riscos.

Em 1952, Harry Markowitz em seu artigo intitulado *Portfolio Selection* estruturou as bases sobre as quais se fundamentou a teoria da seleção de portfólios, ao abordar aspectos da diversificação e do risco de um portfólio. Markowitz (1952) desenvolveu um modelo para o cálculo do risco de um portfólio, a quem foi atribuído o Prêmio Nobel de Economia de 1990.

De acordo com Markowitz (1952), a teoria do portfólio considera que os investidores visam altas taxas de retorno ao menor risco possível, porém, também busca a composição de uma carteira ótima de ativos, que permitirá ao investidor maximizar seu grau de satisfação através da relação risco/retorno.

Grinblatt e Titman (2005) explicam que a teoria do portfólio auxilia os investidores no processo de tomada de decisão sob condições de risco, visto que através de sua aplicação, é possível determinar a alocação dos recursos a cada uma das opções de investimento, cujo objetivo básico é a redução do risco através de uma eficiente diversificação dos recursos financeiros.

Com base nessas considerações, inicialmente foi realizado o levantamento das séries temporais mensais dos custos e preços referentes às atividades envolvidas no projeto de integração lavoura-pecuária, seguido do deflacionamento e constituição das séries históricas de retornos.

Posteriormente, as séries temporais foram avaliadas quanto a estacionariedade, a volatilidade, a associação linear, e às estatísticas descritivas, conforme procedimentos adotados em estudos que tem como referência a teoria do portfólio. Em seguida, analisou-se a matriz de correlação para verificar a possibilidade de redução de risco dos portfólios. Após a formulação do modelo de otimização, foram estimados os portfólios ótimos e as fronteiras eficientes.

No presente trabalho, foram consideradas quatro rotações de lavoura/pastagem em uma área de 189 hectares para a implantação de um projeto de integração lavoura-pecuária:

- Safra de verão 2008/2009: o recurso deve ser alocado entre as atividades de produção de arroz, soja, milho e boi gordo.

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

- Safra de inverno de 2009: o recurso deverá ser alocado entre a produção de feijão e boi gordo.
- Safra de verão 2009/2010: o recurso deve ser alocado entre as atividades de produção de arroz, soja, milho e boi gordo.
- Safra de inverno de 2010: o recurso deverá ser alocado entre a produção de feijão e boi gordo

Neste sistema, no verão, as áreas disponíveis são ocupadas com a produção de soja, arroz, milho consorciado com braquiária e pasto. No período do inverno, as áreas com soja e arroz são substituídas pela produção de feijão.

No presente estudo foram feitas algumas adaptações do modelo de Markowitz (1952), com o objetivo a mitigação do risco inerente ao projeto de integração lavoura-pecuária, empregando-se a técnica de programação linear.

A programação linear é uma das técnicas mais utilizadas da pesquisa operacional. Nesse patamar, a pesquisa operacional visa encontrar a solução ótima para o problema considerado. Dessa forma, busca-se uma solução ótima ao invés da melhor solução, isto porque pode haver várias soluções consideradas como melhores (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Segundo Bazara *et al.* (2010), um problema de programação linear envolve otimizar (maximizar ou minimizar) uma função linear, sujeita a uma série de restrições dadas por equações ou inequações lineares. O modelo geral da programação linear pode ser descrito como:

$$\text{Minimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2 \quad (3)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m \quad (4)$$

$$x_1, x_2, x_n \geq 0 \quad (5)$$

Onde:  $Z$  é a função objetivo;  $a_{ij}$  são coeficientes técnicos;  $b_1, b_2, b_m$  são termos independentes;  $c_1, c_2, c_n$  são os coeficientes da função objetivo;  $x_1, x_2, x_n$  são as variáveis de decisão.

Para cada portfólio, tem-se uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições de ordem técnica e econômica. A função objetivo que modela o risco do portfólio, o qual o produtor deseja minimizar é dada pela equação 6:

$$\text{Minimizar } \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \rho(r_i r_j) \sigma_i \sigma_j} \quad (6)$$

Onde:  $n$  é o número de atividades que compõem o portfólio;  $x_i$  é a proporção de recursos investidos na atividade  $i$ ;  $x_j$  é a proporção de recursos investidos na atividade  $j$ ;  $\rho(r_i r_j)$  é a correlação entre os retornos das atividades  $i$  e  $j$ ;  $\sigma_i$  é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado da atividade  $i$ ;  $\sigma_j$  é o desvio-padrão relacionado ao retorno esperado da atividade  $j$ .

Sujeito a:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^n x_i r_i \quad (7)$$

Esta restrição, dada pela equação 7, representa o valor esperado do retorno do portfólio.

$$\sum_{i=1}^n x_i x_j = 1 \quad (8)$$

A equação 8 refere-se a restrição do modelo que garante que todos os recursos disponíveis sejam utilizados.

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

Estas restrições, dadas pelas equações 9 e 10, asseguram a inexistência de produção negativa.

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b \quad i = 1, \dots, n \quad (11)$$

Onde:  $b$  é a quantidade do recurso disponível;  $x_j$  é a quantidade do recurso consumida por hectare pela atividade  $i$ ;  $a_i$  é a área destinada à atividade  $i$ .

Esta restrição, representada pela equação 11, garante que a quantidade de recursos destinada a cada atividade não implique em um uso de recursos maior do que o montante disponível.

$$\sum_{i=1}^n a_i a_j \leq 189 \quad (12)$$

Esta restrição assegura que a quantidade de área destinada às atividades não seja superior à quantidade de área agricultável disponível. O critério de escolha do tamanho da propriedade foi definido a partir de dados do Censo Agropecuário. De acordo com o Censo Agropecuário (2006), o tamanho médio das propriedades rurais em Goiás é de, aproximadamente, 189 hectares. A estrutura fundiária do Estado de Goiás é composta por 45,51% de terras destinadas a pastagens e 17,89% para produção agrícola, revelando o peso do setor agropecuário no cenário estadual. Quanto à área coberta por matas e florestas, esta representa 21,96% dos estabelecimentos agropecuários do Estado.

$$a_i \geq c_i \quad i = 1, \dots, n \quad (13)$$

Onde:  $c_i$  é a área mínima economicamente viável para a atividade  $i$ .

A restrição dada pela equação 13 é representada pelo cálculo do ponto de equilíbrio, nível em que a propriedade rural não realiza lucro nem prejuízo.

Para Santos *et al.* (2002), a análise do ponto de equilíbrio determina o volume mínimo de produção suficiente para cobrir os custos totais e contribuir para a formação do lucro. O cálculo do ponto de equilíbrio em volume é dado pela equação a seguir:

$$PE_{vol} = \frac{CF_{total}}{PV_{un} - CV_{un}} \quad (14)$$

Onde:  $PE_{vol}$  é o ponto de equilíbrio em volume;  $CF_{total}$  é o custo fixo total;  $PV_{un}$  é o preço de venda unitário;  $CV_{un}$  é o custo variável unitário.

A partir do cálculo do ponto de equilíbrio em volume, é possível calcular a área mínima viável para cada atividade agropecuária, através da seguinte equação:

$$AMV = AT \times \frac{PE_{vol}}{PT} \quad (15)$$

Onde:  $AMV$  é a área mínima viável;  $AT$  é a área total;  $PE_{vol}$  é o ponto de equilíbrio em volume;  $PT$  é a produção total.

De acordo com o cálculo do ponto de equilíbrio, o mínimo de soja a ser cultivado é de: 10 hectares, 36 hectares de milho, 42 hectares de arroz e 11 hectares de feijão. A área mínima para a bovinocultura de corte é de 47 hectares.



$$a_i = a_{j-1} \quad i = 1,2 \quad j = 1,\dots,4 \quad (16)$$

Onde:  $a_i$  é o tamanho da área destinada à atividade  $i$ , no período  $t$ ;  $a_{j-1}$  é o tamanho da área destinada à atividade  $j$ , no período  $t-1$ .

A equação 16 refere-se à restrição técnica referente às rotações de lavoura e pecuária. O tamanho da área destinada à lavoura de feijão na safra de inverno de 2009 deve ser igual ao somatório da área destinada às lavouras de soja e arroz na safra de verão 2008/2009. A área destinada à bovinocultura de corte na safra de inverno de 2009 deve ser igual ao somatório da área destinada à bovinocultura de corte e cultivo de soja na safra de verão 2009/2010. A área destinada à bovinocultura de corte na safra de inverno de 2010 deve ser igual ao somatório da área destinada à bovinocultura de corte e cultivo de milho na safra de verão 2009/2010.

Inicialmente, os dados foram tabulados e processados no programa *Microsoft Excel*, versão 2010. Posteriormente, para o cálculo da matriz de correlação, utilizou-se o *software SPSS (Statistical Package for Social Sciences)*, versão 18.0. Para os testes de estacionariedade foi utilizado o *software Eviews*, versão 7.

Os modelos propostos foram resolvidos por meio de *softwares* específicos, visto que a resolução manual é inviável devido ao número de restrições. Para a otimização dos portfólios, foi utilizado o *software What's BEST!*, versão 11.1, desenvolvido pela *Lindo Systems*.

### 3. Resultados e discussões

Para testar a estacionariedade das séries em estudo, aplicou-se o teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller Aumentado (ADF)*. A tabela 1 apresenta os resultados do teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller Aumentado*, em nível para os retornos históricos mensais das atividades agropecuárias consideradas na presente pesquisa.

**Tabela 1: Teste de Raiz-Unitária ADF em nível para os retornos mensais do arroz, do milho, da soja, do feijão e do boi gordo no Estado de Goiás entre setembro de 2008 e dezembro de 2010**

Atividades	Estatística de Teste ADF	Durbin-Watson (DW)	Resultado
Arroz	-4,783464*	1,900489	Pode-se rejeitar $H_0$
Milho	-5,414877*	1,999900	Pode-se rejeitar $H_0$
Soja	-6,151986*	1,980523	Pode-se rejeitar $H_0$
Feijão	-5,073375*	2,005146	Pode-se rejeitar $H_0$
Bovinocultura de corte	-4,972541*	2,061354	Pode-se rejeitar $H_0$

Nota: (\*) Os valores críticos para o teste ADF para os níveis de significância de 1%, 5% e 10%, são: -3,711457; -2,981038 e -2,629906, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados da Tabela 1, os resultados do teste *ADF* para as séries de retornos, em nível, com intercepto, pode-se rejeitar a hipótese nula de existência de raiz unitária, em todos os níveis de significância, indicando que todas as séries são estacionárias. Os valores da estatística *d* de *Durbin-Watson* em todas as séries apresentaram valores próximos de 2,0, evidenciando que o teste é conclusivo, visto que as séries não apresentam autocorrelação serial. Verificada a estacionariedade das séries, utilizou-se a volatilidade histórica como medida de dispersão, visto que a série estacionária apresenta média, variância e autocovariância, em diferentes defasagens constantes ao longo do tempo.

Foram calculados os riscos e os retornos para cada atividade individualmente. A tabela 2 mostra as estatísticas referentes aos retornos e aos riscos mensais de cada cultura, no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2010, tomados isoladamente.

**Tabela 2: Retornos esperados e riscos mensais referentes a cada atividade que compõe o projeto de integração lavoura-pecuária**

Atividades	Retorno	Desvio-padrão	Coefficiente de variação
Arroz	2,54%	0,53%	20,99%
Milho	2,44%	2,21%	90,25%
Soja	3,78%	1,20%	31,79%
Feijão	4,27%	1,64%	38,44%
Bovinocultura de Corte	4,13%	0,54%	13,16%

Fonte: Resultados da pesquisa

Ao analisar os retornos verificados no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2010, dispostos na tabela 2, observa-se que o retorno da cultura do feijão (4,27%) tende a superar os retornos das demais atividades. Por outro lado, o milho é a cultura que apresentou menor retorno (2,54%).

De acordo com a tabela 2, ao considerar o desvio-padrão como medida de risco, a cultura do arroz, com 0,53%, e a cultura do milho, com 2,21%, são respectivamente as que apresentam menor e maior nível de risco entre as culturas analisadas.

Ao comparar os coeficientes de variação, nota-se que a bovinocultura de corte é a atividade de menor risco, visto que a dispersão relativa, de 13,16%, medida pelo coeficiente de variação, é inferior às demais.

A tabela 3 apresenta os resultados da matriz de correlação de *Pearson* entre as culturas pesquisadas. Cada intersecção da matriz representa o coeficiente de correlação e os valores abaixo e entre parênteses representam as medidas de significância estatísticas, representadas pelos *p-values*.

**Tabela 3: Matriz de correlação entre os retornos mensais das atividades que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária**

	Arroz	Bovinocultura de corte	Feijão	Milho	Soja
Arroz	1	0,452** (0,018)	-0,457** (0,017)	-0,259 <sup>ns</sup> (0,192)	-0,155 <sup>ns</sup> (0,441)
Bovinocultura de corte		1	-0,466** (0,014)	0,588* (0,001)	0,578* (0,002)
Feijão			1	0,003 <sup>ns</sup> (0,988)	-0,246 <sup>ns</sup> (0,215)
Milho				1	0,860* (0,000)
Soja					1

Notas: (\*) significante estatisticamente ao nível de 1%, (\*\*) significante estatisticamente ao nível de 5%, (<sup>ns</sup>) não significante estatisticamente.

Fonte: Resultados da pesquisa

A matriz de correlação representada na tabela 3 apresenta os seguintes pares positivamente correlacionados: soja e milho (0,860), soja e bovinocultura de corte (0,578), arroz e bovinocultura de corte (0,452), milho e bovinocultura de corte (0,588). Também foram observados pares negativamente correlacionados: arroz e feijão (-0,457), feijão e bovinocultura de corte (-0,466). Os demais pares não apresentaram coeficiente de correlação significativa. Esses resultados sinalizam a viabilidade de redução de riscos a partir da adoção da estratégia de diversificação das atividades do projeto de integração lavoura-pecuária, pois uma atividade de maior retorno compensa outra de retorno menor.

Para exemplificação do que se propôs neste trabalho, os portfólios foram otimizados com o intuito de identificar a alocação de recursos financeiros e de áreas. Pode-se observar na tabela 4 a alocação dos recursos financeiros e das áreas para cada uma das atividades agropecuárias do projeto de integração lavoura-pecuária consideradas na presente pesquisa.

De acordo com os resultados da tabela 4, para o portfólio referente à safra de verão de 2008/2009, a melhor relação entre risco e retorno esperado (0,65% e 2,98% respectivamente, em termos mensais) é obtida quando 42,14% dos recursos disponíveis são alocados à cultura do arroz, 16,84% ao milho, 3,72% à soja e 37,29% à bovinocultura de corte. Em termos de proporções de terras, têm-se as seguintes proporções: 50,79% da área ocupada com arroz, 19,05% com milho, 5,29% com soja e 24,87% com bovinocultura de corte.

Essas proporções transformadas em áreas equivalem a 96 hectares destinados ao plantio do arroz, 36 hectares ao milho, 10 hectares à soja e 47 hectares à bovinocultura de corte. Pode-se observar que o arroz por ser uma cultura de menor risco individual tem a maior participação na composição do portfólio. As demais culturas, no processo de otimização mantêm as áreas mínimas recomendadas pelo modelo.

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

No portfólio referente à safra de inverno de 2009, em termos mensais, para um risco de 0,84%, tem-se um retorno esperado de 4,21%, com 43,29% dos recursos destinados à bovinocultura de corte e 56,71% ao cultivo do feijão. Ao transformar esses recursos em proporções de terras, têm-se: 43,92% dos hectares disponíveis ocupados pela bovinocultura de corte e 56,08% dos hectares pela produção de feijão.

**Tabela 4: Portfólios do projeto de integração lavoura-pecuária**

Portfólios	Atividades	Alocação de recursos	Alocação de áreas	Risco	Retorno esperado	Coefficiente de variação
Safrade verão 2008/2009	Arroz	42,14%	50,79%	0,65%	2,98%	21,93%
	Milho	16,84%	19,05%			
	Soja	3,72%	5,29%			
	Bovino-cultura de corte	37,29%	24,87%			
Safrade inverno 2009	Feijão	56,71%	56,08%	0,84%	4,21%	19,88%
	Bovino-cultura de corte	43,29%	43,92%			
Safrade verão 2009/2010	Arroz	26,72%	37,04%	0,68%	3,20%	21,32%
	Milho	14,00%	19,05%			
	Soja	3,06%	5,29%			
	Bovino-cultura de corte	56,23%	38,62%			
Safrade inverno 2010	Feijão	39,18%	42,33%	0,62%	4,19%	14,68%
	Bovino-cultura de corte	60,82%	57,67%			

Fonte: Resultados da Pesquisa

Convertendo-se esses valores em áreas, observou-se que no inverno, 83 hectares devem ser ocupados pela atividade de bovinocultura de corte e 106 devem ser destinados à produção de feijão. Basicamente, a composição deste portfólio é determinada pelas restrições de rotação de culturas inseridas no modelo, onde as áreas destinadas à soja e arroz no verão devem ser substituídas pelo cultivo de feijão no inverno.

O portfólio que se refere à safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, em termos mensais. A otimização do modelo apontou que 26,72% dos recursos devem ser alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte.

Em termos de proporções de terras, têm-se: 37,04% da área ocupada com arroz, 19,05% com milho, 5,29% com soja e 38,62% com bovinocultura de corte. Essas proporções transformadas em quantidades de terras correspondem ao cultivo de 70 hectares com arroz, 36 hectares com milho, 10 com soja e 73 hectares com a produção de gado de corte. Observa-se que as atividades com menores riscos (arroz e bovinocultura de corte) apresentam maiores

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de. participações na composição do portfólio, destacando-se que a soja e o milho mantêm suas respectivas áreas mínimas recomendadas.

O portfólio composto pelas atividades de bovinocultura de corte e produção de feijão refere-se à safra de inverno de 2010. Os resultados da otimização do portfólio sugerem que, em termos mensais, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19%, com 39,18% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 60,82% à bovinocultura de corte.

Convertendo-se esses valores em proporções de terra, observou-se que no inverno, 57,67% dos hectares devem ser ocupados com bovinocultura de corte e 42,33% devem ser destinados à produção de feijão. Ao transformar esses valores em quantidade de terras, têm-se 109 hectares ocupados pela bovinocultura de corte e 80 hectares pela produção de feijão. No entanto, as participações das atividades agropecuárias do projeto de integração lavoura-pecuária na safra de inverno de 2010 são limitadas pela restrição de rotação de culturas.

Para comparar o desempenho da alocação de recursos gerada pela otimização do modelo de Markowitz, foram calculados os riscos e os retornos referentes à alocação de recursos recomendada pela Embrapa.

No projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa, no verão, 50% dos recursos são alocados à prática agrícola e 50% à pecuária. No inverno, 33% dos recursos são destinados à lavoura e 67% à pecuária. A tabela 5 apresenta os resultados da alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa.

**Tabela 5: Alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa.**

Portfólios	Atividades	Alocação de recursos	Alocação de áreas	Risco	Retorno esperado	Coefficiente de variação
Safra de verão 2008/2009	Arroz	12,00%	16,67%	0,77%	3,53%	21,71%
	Milho	12,78%	16,67%			
	Soja	10,18%	16,67%			
	Bovinocultura de corte	65,04%	50,00%			
Safra de inverno 2009	Feijão	33,90%	33,33%	0,50%	4,18%	11,87%
	Bovinocultura de corte	66,10%	66,67%			
Safra de verão 2009/2010	Arroz	11,27%	16,67%	0,77%	3,53%	21,71%
	Milho	11,48%	16,67%			
	Soja	9,02%	16,67%			
	Bovinocultura de corte	68,23%	50,00%			
Safra de inverno 2010	Feijão	30,50%	33,33%	0,50%	4,18%	11,87%
	Bovinocultura de corte	69,50%	66,67%			

Fonte: Resultados da Pesquisa

De acordo com os resultados da tabela 5, nas safras de verão 2008/2009 e de 2009/2010, conforme a alocação dada pela Embrapa, em termos mensais, para um risco de 0,77%, tem-se um retorno esperado de 3,53%, com 50% dos recursos destinados à bovinocultura de corte, 16,67% à cultura do arroz, 16,67% ao milho e 16,67% à soja.

Para os portfólios referentes às safras de inverno de 2009 e de 2010, os resultados da alocação de recursos do projeto de integração lavoura-pecuária da Embrapa sugerem que, em termos mensais, para um risco de 0,50%, espera-se um retorno de 4,18%, com 33,33% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 66,67% à bovinocultura de corte.

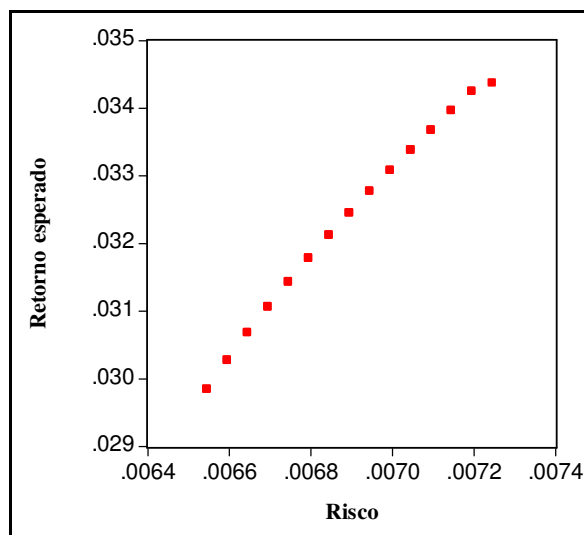
É importante ressaltar que as diferenças entre a alocação de recursos dada pela otimização do modelo e a alocação de recursos recomendada pela Embrapa, deve-se basicamente às restrições relacionadas às áreas mínimas viáveis.

Ao se comparar os resultados obtidos com a otimização do modelo com os resultados da alocação recomendada pela Embrapa, pode-se observar que a alocação de recursos da Embrapa apresentou riscos sensivelmente maiores nas safras de verão 2008/2009. Essa diferença deve-se à contribuição da soja na composição do portfólio para o aumento do risco. Além disso, o arroz que é uma cultura que apresentou um nível de risco relativamente baixo tem menor participação no portfólio da Embrapa. Nota-se também que os cultivos de arroz e milho ficaram em patamares abaixo da área mínima viável.

Os resultados da alocação de recursos recomendada pela Embrapa referentes às safras de inverno de 2009 e de 2010 apresentaram riscos menores que os do modelo de otimização. Essa diferença nos resultados pode ser atribuída a uma maior participação do feijão na composição dos portfólios otimizados.

Após a otimização dos portfólios, construiu-se a fronteira eficiente através da utilização da teoria do portfólio de Markowitz (1952). Bodie *et al.* (2000) denominam a fronteira eficiente como uma representação gráfica de um conjunto de portfólios que maximizam a taxa de retorno esperada do portfólio para um dado nível de risco ou que minimizam o risco para determinado nível de retorno esperado. Cada ponto que compõe a fronteira eficiente representa uma carteira, com suas respectivas alocações a cada opção de investimento.

Markowitz (1952) avalia que o investidor escolherá a carteira, de acordo com a sua preferência frente a situações de substituição de retorno esperado por risco. Logo, para cada aumento no nível de risco, o investidor exigirá maiores taxas de retorno. A figura 1 mostra o gráfico da fronteira eficiente referente à safra de verão de 2008/2009.



**Figura 1: Fronteira eficiente referente à safra de verão 2008/2009**  
 Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme a figura 1, observa-se que o risco cresce linearmente. A área abaixo da fronteira eficiente representa a faixa onde, hipoteticamente, todos os planos de produção são possíveis. No entanto, o produtor poderá maximizar sua utilidade somente nos pontos situados ao longo da fronteira eficiente. As diferentes combinações de retorno e risco referentes à safra de verão de 2008/2009 que compõem a fronteira eficiente podem ser visualizadas na tabela 6.

**Tabela 6: Combinações de risco e retorno da fronteira eficiente da safra de verão de 2008/2009**

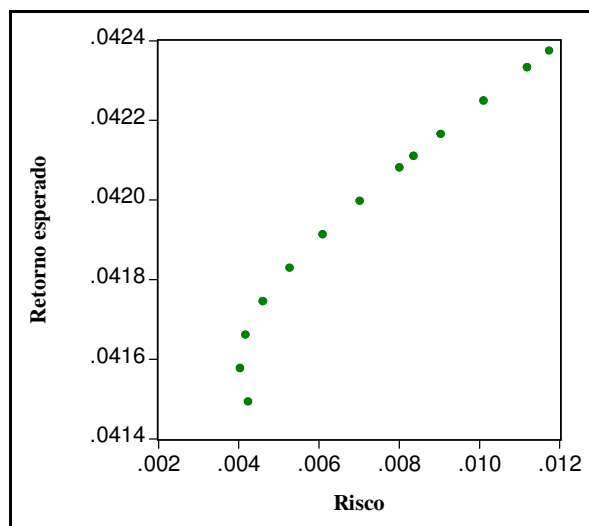
Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporções de recursos				Proporções de áreas			
			Arroz	Milho	Arroz	Milho	Arroz	Milho	Arroz	Milho
A	0,65%	2,98%	42,14%	16,84%	3,72%	37,29%	50,79%	19,05%	5,29%	24,87%
B	0,66%	3,03%	39,19%	16,54%	3,66%	40,61%	48,09%	19,05%	5,29%	27,57%
C	0,66%	3,07%	36,51%	16,27%	3,60%	43,63%	45,55%	19,05%	5,29%	30,11%
D	0,67%	3,11%	34,04%	16,02%	3,54%	46,40%	43,13%	19,05%	5,29%	32,53%
E	0,67%	3,14%	31,75%	15,79%	3,49%	48,98%	40,82%	19,05%	5,29%	34,84%
F	0,68%	3,18%	29,61%	15,57%	3,44%	51,38%	38,60%	19,05%	5,29%	37,06%
G	0,68%	3,21%	27,61%	15,36%	3,40%	53,63%	36,47%	19,05%	5,29%	39,19%
H	0,69%	3,25%	25,72%	15,17%	3,36%	55,75%	34,40%	19,05%	5,29%	41,26%
I	0,69%	3,28%	23,93%	14,99%	3,32%	57,76%	32,40%	19,05%	5,29%	43,26%
J	0,70%	3,31%	22,24%	14,82%	3,28%	59,67%	30,45%	19,05%	5,29%	45,21%
K	0,70%	3,34%	20,62%	14,66%	3,24%	61,48%	28,56%	19,05%	5,29%	47,10%
L	0,71%	3,37%	19,08%	14,50%	3,21%	63,21%	26,71%	19,05%	5,29%	48,95%
M	0,71%	3,40%	17,60%	14,35%	3,17%	64,87%	24,90%	19,05%	5,29%	50,76%
N	0,72%	3,42%	16,19%	14,21%	3,14%	66,46%	23,13%	19,05%	5,29%	52,53%
O	0,72%	3,44%	15,52%	14,18%	3,41%	66,89%	22,22%	19,05%	5,75%	52,98%

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com os resultados apresentados na figura 1 e na tabela 6, em relação à distribuição de áreas, nota-se que o aumento da participação da bovinocultura de corte e a redução da participação do arroz contribuem para o aumento do risco. A soja e o milho mantêm suas respectivas proporções de áreas, devido ao nível de risco individual associado a essas culturas.

Conforme os resultados expostos na tabela 6, no portfólio A, o nível de risco de 0,65% tem um correspondente retorno esperado de 2,98%. No portfólio B, o nível de risco de 0,66% deve render um retorno esperado igual a 3,03%. Observando que, por ser o risco do portfólio B maior que o risco de A e o retorno esperado de A menor que o retorno esperado de B, o agropecuarista, de posse dessa informação sobre o binômio risco/retorno, deve decidir quanto de risco quer assumir para obter um determinado retorno esperado. Por exemplo, ao escolher o portfólio B em detrimento do portfólio A, observa-se que para cada percentual adicional no nível de risco, espera-se um aumento de 8,58% no retorno esperado. Supondo que o produtor escolha o portfólio C ao invés do portfólio B, para cada percentual adicional no nível de risco, ele pode obter um aumento de 8,09% no retorno esperado. Nesse caso, o aumento do retorno esperado ocorre a uma taxa decrescente com o aumento do nível de risco.

Na safra de inverno de 2009, os recursos foram alocados à cultura do feijão e à bovinocultura de corte. Na figura 2, pode-se visualizar o gráfico da fronteira eficiente da safra de inverno de 2009.



**Figura 2: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009**

Fonte: Resultados da pesquisa



Conforme mostra a figura 2, nota-se que a fronteira eficiente é uma curva ascendente, onde o retorno, inicialmente, aumenta a uma taxa crescente e, posteriormente, cresce a uma taxa constante. O formato da fronteira eficiente é justificado pela correlação negativa entre a bovinocultura de corte e o feijão. Na tabela 7 são apresentadas as combinações de risco e retorno esperado que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2009.

**Tabela 7: Combinações de risco e retorno da fronteira eficiente da safra de inverno de 2009**

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporção de recursos		Proporção de áreas	
			Feijão	Bovinocultura de corte	Feijão	Bovinocultura de corte
A	0,40%	4,16%	18,38%	81,62%	18,00%	82,00%
B	0,42%	4,17%	24,47%	75,53%	24,00%	76,00%
C	0,46%	4,17%	30,54%	69,46%	30,00%	70,00%
D	0,50%	4,18%	33,90%	66,10%	33,33%	66,67%
E	0,53%	4,18%	36,59%	63,41%	36,00%	64,00%
F	0,61%	4,19%	42,62%	57,38%	42,00%	58,00%
G	0,70%	4,20%	48,64%	51,36%	48,00%	52,00%
H	0,80%	4,21%	54,63%	45,37%	54,00%	46,00%
I	0,84%	4,21%	56,71%	43,29%	56,08%	43,92%
J	0,90%	4,22%	60,61%	39,39%	60,00%	40,00%
K	1,01%	4,22%	66,57%	33,43%	66,00%	34,00%
L	1,12%	4,23%	72,51%	27,49%	72,00%	28,00%
M	1,17%	4,24%	75,47%	24,53%	75,00%	25,00%

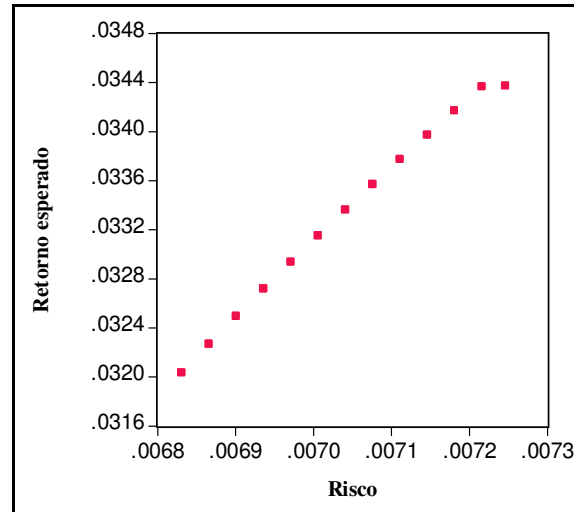
Fonte: Resultados da pesquisa

Ao analisar os resultados expostos na tabela 7, Nota-se que o aumento da participação do feijão no portfólio contribui para o aumento do risco e do retorno esperado.

Por outro lado, o portfólio composto por 18,38% dos recursos financeiros destinados ao cultivo de feijão e 81,62% à bovinocultura de corte, com retorno esperado de 4,16% foi o que apresentou o menor risco (0,40%). Enquanto o portfólio com 75,47% dos recursos financeiros alocados à produção de feijão e 24,53% à produção de gado de corte, com um retorno esperado de 4,24%, foi o que apresentou maior nível de risco de (1,17%).

Neste contexto, a escolha do portfólio dependerá do perfil do agropecuarista, o qual irá escolher, em todo o intervalo da curva, aquela combinação que melhor satisfaça seu objetivo. Dada a hipótese de que o agropecuarista escolha o portfólio B ao invés do portfólio A, verificou-se que para cada percentual adicional no nível de risco, há um aumento de 0,63% no retorno esperado. Porém, ao supor que o produtor escolha o portfólio E em detrimento do portfólio D, para cada percentual adicional no nível de risco, há um aumento de 0,12% no retorno esperado.

Na safra de verão de 2009/2010, os recursos foram alocados entre as atividades de bovinocultura de corte, cultivo de arroz, milho e soja. A Figura 3 mostra o gráfico da fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010.



**Figura 3: Fronteira eficiente referente à safra de verão de 2009/2010**

Fonte: Resultados da pesquisa

A figura 3 mostra que o risco e o retorno esperado crescem linearmente. As diferentes combinações de retorno e risco referentes à safra de verão de 2009/2010 que compõem a fronteira eficiente podem ser visualizadas na tabela 8.

**Tabela 8: Combinações de risco e retorno da fronteira eficiente da safra de verão de 2009/2010**

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporções de recursos				Proporções de áreas			
			Arroz	Milho	Arroz	Milho	Arroz	Milho	Arroz	Milho
A	0,68%	3,20%	26,72%	14,00%	3,06%	56,23%	37,04%	19,05%	5,29%	38,62%
B	0,69%	3,23%	25,39%	13,85%	3,02%	57,74%	35,57%	19,05%	5,29%	40,09%
C	0,69%	3,25%	24,11%	13,71%	2,99%	59,19%	34,14%	19,05%	5,29%	41,52%
D	0,69%	3,27%	22,89%	13,57%	2,96%	60,58%	32,74%	19,05%	5,29%	42,93%
E	0,70%	3,29%	21,72%	13,44%	2,93%	61,91%	31,36%	19,05%	5,29%	44,30%
F	0,70%	3,32%	20,59%	13,31%	2,91%	63,19%	30,01%	19,05%	5,29%	45,65%
G	0,70%	3,34%	19,50%	13,19%	2,88%	64,43%	28,69%	19,05%	5,29%	46,97%
H	0,71%	3,36%	18,45%	13,07%	2,85%	65,63%	27,39%	19,05%	5,29%	48,27%
I	0,71%	3,38%	17,43%	12,96%	2,83%	66,78%	26,11%	19,05%	5,29%	49,55%
J	0,71%	3,40%	16,45%	12,85%	2,81%	67,90%	24,85%	19,05%	5,29%	50,82%
K	0,72%	3,42%	15,50%	12,74%	2,78%	68,98%	23,60%	19,05%	5,29%	52,06%
L	0,72%	3,44%	14,58%	12,64%	2,76%	70,03%	22,38%	19,05%	5,29%	53,28%
M	0,72%	3,44%	14,51%	12,67%	3,02%	69,79%	22,22%	19,05%	5,78%	52,95%

Fonte: Resultados da pesquisa

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

De acordo com os resultados expostos na tabela 8, o portfólio com 26,72% dos recursos alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte, com um retorno esperado de 3,20%, foi o que apresentou menor risco (0,68%).

Por outro lado, o portfólio formado com 14,51% dos recursos alocados à cultura do arroz, 12,67% ao milho, 3,02% à soja e 69,79% à bovinocultura de corte, foi o que maior risco e retorno, 0,72% e 3,44% respectivamente.

Ao supor que o agropecuarista selecione o portfólio C em detrimento do portfólio B, há um aumento de 6,51% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco. No entanto, se o produtor escolher o portfólio M ao invés do portfólio L, haverá um aumento de 0,27% no retorno esperado para cada percentual adicionado no nível de risco.

Na figura 4 pode ser visualizada a fronteira referente à safra de inverno de 2010, onde o portfólio é composto pelas atividades de bovinocultura de corte e plantio de feijão.

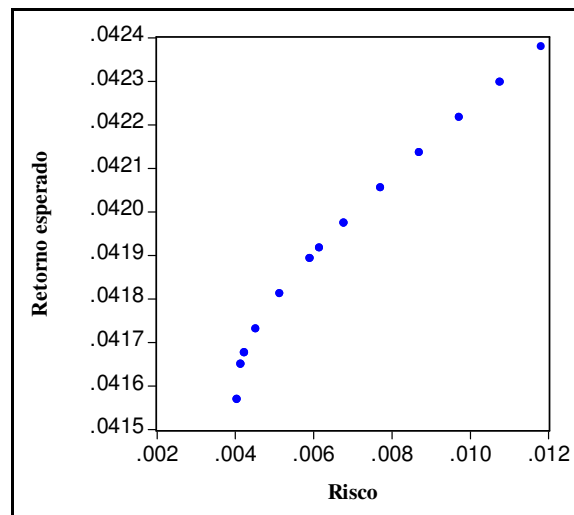


Figura 4: Fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010

Fonte: Resultados da pesquisa

De acordo com a figura 4, pode-se observar que inicialmente, o retorno esperado aumenta a uma taxa maior do que o risco e, posteriormente, risco e retorno esperado crescem linearmente. Na tabela 9, observam-se as várias combinações de risco e retorno que compõem a fronteira eficiente referente à safra de inverno de 2010.

De acordo com os resultados da tabela 9 e da figura 4, verificou-se que à medida que se aumenta a participação do feijão no portfólio, haverá o aumento concomitante do risco e do retorno esperado do portfólio.

Os resultados da tabela 9 mostram que no portfólio A, para o nível de risco de 0,40% tem-se retorno esperado de 4,16%. No portfólio B, o nível de risco de de 0,41% apresenta um

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

retorno esperado igual a 4,17%. Ao escolher o portfólio B em detrimento do portfólio A, espera-se um aumento de 0,85% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco. Caso o produtor escolha o portfólio C ao invés do portfólio B, esse poderá obter um aumento de 0,27% no retorno esperado, para cada percentual adicional no nível de risco.

**Tabela 9: Combinações de risco e retorno da fronteira eficiente da safra de inverno de 2010.**

Portfólios	Risco	Retorno esperado	Proporção de recursos		Proporção de áreas	
			Feijão	Bovinocultura de corte	Feijão	Bovinocultura de corte
A	0,40%	4,16%	15,68%	84,32%	17,48%	82,52%
B	0,41%	4,17%	21,02%	78,98%	23,27%	76,73%
C	0,42%	4,17%	22,78%	77,22%	25,15%	74,85%
D	0,45%	4,17%	26,45%	73,55%	29,06%	70,94%
E	0,51%	4,18%	31,95%	68,05%	34,85%	65,15%
F	0,59%	4,19%	37,54%	62,46%	40,64%	59,36%
G	0,62%	4,19%	39,18%	60,82%	42,33%	57,67%
H	0,68%	4,20%	43,21%	56,79%	46,43%	53,57%
I	0,77%	4,21%	48,96%	51,04%	52,22%	47,78%
J	0,87%	4,21%	54,80%	45,20%	58,01%	41,99%
K	0,97%	4,22%	60,74%	39,26%	63,80%	36,20%
L	1,08%	4,23%	66,76%	33,24%	69,59%	30,41%
M	1,18%	4,24%	72,88%	27,12%	75,38%	24,62%

Fonte: Resultados da pesquisa

A escolha do portfólio ocorrerá de acordo com a preferência do agropecuarista diante dos portfólios dispostos na fronteira eficiente. Diante desse conjunto de possibilidades, o produtor mais conservador, ou seja, com maior aversão ao risco, selecionará o portfólio que apresenta menor nível de risco. No entanto, o produtor que tenha maior tolerância ao risco escolherá o portfólio com maior retorno e maior nível de risco.

#### 4. Conclusões

Quando um agropecuarista decide implantar um projeto de integração lavoura-pecuária, a questão que se coloca a princípio refere-se à distribuição dos recursos. A proposta deste trabalho foi oferecer uma maneira alternativa que possa auxiliar a alocação de recursos em projetos de integração lavoura-pecuária, com a utilização de programação linear aplicada a teoria do portfólio.

A presente pesquisa buscou complementar o trabalho que vem sendo desenvolvido pela Embrapa ao longo das últimas décadas, ao identificar a proporção de recursos que deve ser alocada a cada atividade adotada no projeto de integração lavoura-pecuária.

A realização deste trabalho exigiu o conhecimento da taxa de retorno esperado de cada uma das atividades agropecuárias que compõem o projeto de integração lavoura-pecuária, do risco, quantificado pelo desvio-padrão, e do desempenho relativo dos retornos de cada atividade em relação ao agrupamento de atividades.

Foi verificado que no portfólio referente à safra de verão de 2008/2009, a melhor relação entre risco e retorno esperado, 0,65% e 2,98%, respectivamente, é obtida quando 42,14% dos recursos disponíveis são alocados à cultura do arroz, 16,84% ao milho, 3,72% à soja e 37,29% à bovinocultura de corte.

Na safra de inverno de 2009, para um risco de 0,84%, tem-se um retorno esperado de 4,21%, com 43,29% dos recursos destinados à bovinocultura de corte e 56,71% ao cultivo do feijão. A safra de verão 2009/2010 apresentou risco de 0,68%, para um retorno esperado de 3,20%, com 26,72% dos recursos alocados à cultura do arroz, 14,00% ao milho, 3,06% à soja e 56,23% à bovinocultura de corte. Na safra de inverno de 2010, para um risco de 0,62%, espera-se um retorno de 4,19%, com 39,18% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 60,82% à bovinocultura de corte.

Sob a hipótese de que o produtor rural estivesse disposto a investir um montante de R\$ 500.000,00 em um projeto de integração lavoura-pecuária, na safra de verão de 2008/2009, a receita gerada poderia variar de R\$ 513.650,00 à R\$ 516.150,00. Porém, na safra de inverno de 2009, a receita poderia variar de R\$ 519.450,00 à R\$ 522.650,00.

Ao considerar esse mesmo montante de investimentos em um projeto de integração lavoura-pecuária, na safra de verão de 2009/2010, a variação da receita fica entre R\$ 514.700,00 à R\$ 517.300,00, enquanto que na safra de inverno de 2010, varia entre de R\$519.800,00 à R\$ 522.100,00.

Foram calculados os riscos e os retornos referentes à alocação de recursos recomendada pela Embrapa, para comparar com o desempenho da alocação de recursos gerada pela otimização sugerida pelo teoria do portfólio de Markowitz. Nas safras de verão 2008/2009 e de 2009/2010, conforme a alocação proposta pela Embrapa, para um risco de 0,77%, tem-se um retorno esperado de 3,53%, com 50% dos recursos destinados à bovinocultura de corte, 16,67% à cultura do arroz, 16,67% ao milho e 16,67% à soja. Enquanto que, nas safras de inverno de 2009 e de 2010, para um risco de 0,50%, espera-se um retorno de 4,18%, com 33,33% dos recursos destinados ao cultivo do feijão e 66,67% à bovinocultura de corte.

Os resultados da pesquisa apontam ainda que a alocação de recursos da Embrapa apresentou riscos maiores nas safras de verão de 2008/2009 e de 2009/2010, haja vista que a maior participação da soja na composição do portfólio contribuiu para o aumento do risco e o

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de.

arroz que é uma cultura que apresentou um nível de risco relativamente baixo teve menor participação no portfólio da Embrapa. Entretanto, as safras de inverno de 2009 e de 2010 apresentaram riscos inferiores aos do modelo otimizado, o que se deve principalmente à maior participação do feijão na composição dos portfólios.

Foram geradas as fronteiras eficientes dos respectivos portfólios. Para diferentes níveis de retorno, têm-se diferentes níveis de risco, cabendo ao agropecuarista detectar a melhor opção relacionada ao seu perfil/objetivo.

A fronteira eficiente disponibilizou diferentes combinações de risco e retorno, entretanto a escolha do agropecuarista em relação ao risco é também pessoal e não existe uma resposta única para todas as situações. Verificou-se que tanto nas fronteiras eficientes das safras de verão, a ascendência do retorno foi moderada, enquanto que nas safras de inverno, inicialmente o retorno foi ampliado significativamente em relação ao risco. Porém, na safra de inverno, a partir de determinado ponto, o retorno ampliava-se novamente de forma moderada. Em grande parte, a diferença entre os retornos nas safras pode ser atribuída ao fato que nas safras de verão, os portfólios eram compostos por atividades positivamente correlacionadas, enquanto que nas safras de inverno, as atividades são negativamente correlacionadas.

É necessário ter-se claro que a dificuldade de obtenção de dados referentes à implantação de projetos de integração lavoura-pecuária limitou a formulação do modelo, visto que a inclusão de outras variáveis poderia contribuir para a melhor aplicação do mesmo. Também há que se considerar, que a presente pesquisa refere-se ao recorte temporal compreendido entre setembro de 2008 e dezembro de 2010.

Com relação ao método utilizado nesse estudo, que foi estimado com a finalidade de ser aplicado em projetos de integração lavoura-pecuária, e por esta razão, envolveu o estudo da relação retorno esperado e risco, conclui-se que foram atingidos os objetivos propostos.

Quanto a finalidade de se obter as fronteiras eficientes dos investimentos relacionados a integração lavoura-pecuária e verificação da relação risco e retorno esperado, destaca-se que os resultados da pesquisa contribuíram ao disponibilizar uma ferramenta para auxiliar os agropecuaristas na alocação ótima dos recursos no projeto de integração lavoura-pecuária.

É importante ressaltar que os resultados desta pesquisa não constituem uma resposta categórica e definitiva. No entanto, os testes empíricos e as respectivas informações obtidas nesse estudo podem colaborar de forma significativa para o processo de tomada de decisão do agropecuarista, em especial, no que diz respeito à auxiliar a alocação de recursos financeiros em projetos de integração lavoura-pecuária. Porém, dada o grau de conhecimento técnico-científico para consecução dos projetos de integração lavoura-pecuária, é fundamental o envolvimento de

Figueiredo, R.S.; Fernandes, K.C.C.; Muniz, L.C.; Cunha, C.A. da; Oliveira Neto, O.J. de. especialistas na constituição de modelos otimizados, o que amplia de forma expressiva o equilíbrio na relação retorno e risco da aplicação dos recursos.

No contexto metodológico, ressalta-se que as particularidades envolvidas no estudo inserem o componente de originalidade à investigação. Contudo, vale destacar que todas as etapas que compuseram o estudo foram selecionadas de forma separada como objeto de estudo da literatura pré-existente. Assim sendo, sugere-se que outros testes com a metodologia utilizada nesse estudo sejam realizados em propriedades rurais, o que permitirá uma avaliação precisa do desempenho dos portfólios teóricos ótimos estimados nessa investigação.

## 5. Referências

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.

BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. *Linear Programming and Network Flows*. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. *Fundamentos de investimentos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 632 p.

BRASIL. *Companhia Nacional de Abastecimento* - CONAB. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 12/12/2010.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Censo agropecuário: Brasil 1995-1996*. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. v. 1, 366 p.

DIAS FILHO, M. B. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2005. 173p.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive times series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, p. 427-431, 1979.

EMBRAPA - ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. Cerrado brasileiro é exemplo de produção agrícola tropical. *Jornal da Ciência*, n.301, 19 de julho de 2006. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=39256>. Acesso em: 18/06/2012.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. *2050: A third more mouths to feed*. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/35571/icode/>. Acesso em: 27/10/2011.

GRINBLATT, M.; TITMAN, S. *Mercados Financeiros e Estratégia Corporativa*. Porto Alegre: Bookman, 2005. 723 p.

HARDWOOD, J.; HEIFNER, R.; COBLE, K.; PERRY, J. *Managing Risk in Farming: Concepts, Research and Analysis*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report nº 774, 1999. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/publications/aer774>. Acesso em [27/01/2012](http://www.ers.usda.gov/publications/aer774).

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. *Sistemas de integração pecuária e lavoura como formas de otimização do processo produtivo*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002 (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 74).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. Integração lavoura-pecuária e o manejo de plantas daninhas. Encarte Técnico: *Informações Agronômicas*, n. 106, junho/2004. Disponível em: <http://www.potafos.org.br>. Acesso em 06/03/2011.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v.7, n.1, p.77-91, 1952.

MARTHA JR, G. B.; BARCELLOS, A. O.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. *Integração lavoura-pecuária*. Disponível em: [http://www.agroanalysis.com.br/materia\\_detalhe.php?idMateria=100](http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=100). Acesso em 05/01/2012.



