



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Tamires Oliveira Lago

**DIVERSIFICAÇÃO DE RISCO/RETORNO PARA  
HORTALIÇAS NO MERCADO PRODUTOR DE JUAZEIRO  
(BA) VIA ABORDAGEM DA MÉDIA-VARIÂNCIA**

JUAZEIRO – BA

2016

TAMIRES OLIVEIRA LAGO

**DIVERSIFICAÇÃO DE RISCO/RETORNO PARA  
HORTALIÇAS NO MERCADO PRODUTOR DE JUAZEIRO  
(BA) VIA ABORDAGEM DA MÉDIA-VARIÂNCIA**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Juazeiro, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Abdinardo Moreira Barreto Oliveira

JUAZEIRO - BA

2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Tamires Oliveira Lago

**DIVERSIFICAÇÃO DE RISCO/RETORNO PARA HORTALIÇAS NO MERCADO  
PRODUTOR DE JUAZEIRO (BA) VIA ABORDAGEM DA MÉDIA-VARIÂNCIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**Banca examinadora**

---

Abdinardo Moreira Barreto Oliveira, Doutor, UNIVASF.

---

Fabiana Gomes dos Passos, Mestre, UNIVASF.

---

Francisco Alves Pinheiro, Doutor, UNIVASF.

À minha família e amigos pelo amor,  
suporte e incentivo.

Ao meu querido avô Análio Zacarias (*in  
memorian*).

Lago, Tamires Oliveira. **Diversificação de risco/retorno para hortaliças no Mercado Produtor de Juazeiro (BA) via abordagem da Média-Variância.** Juazeiro (BA). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016.

## RESUMO

O estudo avaliou a aplicabilidade da abordagem da Média-Variância de Anderson e Danthine (1980, 1981) na diversificação do retorno/risco para as hortaliças comercializadas no Mercado Produtor de Juazeiro-BA, como alternativa ao modelo de variância mínima de Markowitz (1952). Em termos teóricos, foi observado como o grau de aversão ao risco influencia no *trade-off* do portfólio otimizado. Em termos práticos, foi observado se os pesos calculados para dados dentro da amostra se aplicam para dados fora da amostra, com vistas a testar a Hipótese da Ergodicidade. Foram coletados, junto ao Mercado Produtor de Juazeiro, os preços mensais de 24 hortaliças, totalizando 168 preços por hortaliça, entre janeiro/2001 e dezembro/2014. Verificou-se que os graus de aversão ao risco presentes na Média-Variância trouxeram uma melhor proposta de otimização do portfólio que a da variância mínima, pois considera de fato o *trade-off* retorno/risco. Contudo, os pesos obtidos nos dados dentro da amostra se mostraram incompatíveis quando utilizados para dados fora da amostra. Logo, estes resultados indicaram apenas uma potencialidade de aplicação da abordagem da Média-Variância, dada a violação da hipótese da ergodicidade. Comentários de estudos futuros são ditos no final do artigo.

**Palavras-chaves:** Risco de preço. Aversão ao risco. Horticultura.

Lago, Tamires Oliveira. **Diversificação de risco/retorno para hortaliças no Mercado Produtor de Juazeiro (BA) via abordagem da Média-Variância.** Juazeiro (BA). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016.

### **ABSTRACT**

The study evaluated the applicability of the Mean-Variance approach of Anderson e Danthine (1980, 1981) on diversification of return/risk for vegetables sold in Juazeiro Producer Market, as an alternative to the minimum variance model of Markowitz (1952). In theoretical terms, it was observed how the degree of risk aversion influences the trade-off of the optimized portfolio. In practical terms, it was observed whether the calculated weights for insample data are applied to the out-of-sample data, in order to test the Ergodic Hypothesis. They were collected on the Juazeiro Producer Market, monthly prices of 24 vegetables, totaling 168 prices for vegetables between January/2001 and December/2014. It was found that the degree of risk aversion present in the Mean-Variance brought a better portfolio optimization proposal than the minimum variance, due to it really deals with the trade-off return/risk. However, the weights obtained on insample data proved incompatible when used for out-of-sample data. Therefore, these results indicated only the potential application of the Mean-Variance approach, given the violation of the ergodic hypothesis. Comments for futures studies are told at the end of the article.

**Keywords:** Risk price. Risk aversion. Vegetables.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	7
1 INTRODUÇÃO .....	8
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
2.1 Teoria do Portfólio de Markowitz (1952) .....	9
2.2 Abordagem da Média-Variância (ANDERSON; DANTHINE, 1980, 1981) .....	10
2.3 Coleta e procedimentos de análise dos dados .....	11
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	12
3.1 Estatística descritiva .....	12
3.2 Avaliação do <i>trade-off</i> retorno/risco via abordagem Média-Variância.....	13
3.3 Teste da Hipótese de Ergodicidade .....	15
4 CONCLUSÃO.....	16

## DIVERSIFICAÇÃO DE RISCO/RETORNO PARA HORTALIÇAS NO MERCADO PRODUTOR DE JUAZEIRO (BA) VIA ABORDAGEM DA MÉDIA-VARIÂNCIA

### DIVERSIFICATION OF RISK/RETURN FOR VEGETABLES IN JUAZEIRO PRODUCER MARKET (BA) VIA APPROACH OF MEDIUM-VARIANCE

Tamires Oliveira Lago<sup>1</sup>

Abdinardo Moreira Barreto Oliveira<sup>2</sup>

#### RESUMO

O estudo avaliou a aplicabilidade da abordagem da Média-Variância de Anderson e Danthine (1980, 1981) na diversificação do retorno/risco para as hortaliças comercializadas no Mercado Produtor de Juazeiro-Ba, como alternativa ao modelo de variância mínima de Markowitz (1952). Em termos teóricos, foi observado como o grau de aversão ao risco influencia no *trade-off* do portfólio otimizado. Em termos práticos, foi observado se os pesos calculados para dados dentro da amostra se aplicam para dados fora da amostra, com vistas a testar a hipótese da ergodicidade. Foram coletados, junto ao Mercado Produtor de Juazeiro, os preços mensais de 24 hortaliças, totalizando 168 preços por hortaliça, entre janeiro/2001 e dezembro/2014. Verificou-se que os graus de aversão ao risco presentes na Média-Variância trouxeram uma melhor proposta de otimização do portfólio que a da variância mínima, pois considera de fato o *trade-off* retorno/risco. Contudo, os pesos obtidos nos dados dentro da amostra se mostraram incompatíveis quando utilizados para dados fora da amostra. Logo, estes resultados indicaram apenas uma potencialidade de aplicação da abordagem da Média-Variância, dada a violação da hipótese da ergodicidade. Comentários de estudos futuros são ditos no final do artigo.

**Palavras-chaves:** Risco de preço. Aversão ao risco. Horticultura.

#### ABSTRACT

The study evaluated the applicability of the Mean-Variance approach of Anderson e Danthine (1980, 1981) on diversification of return/risk for vegetables sold in Juazeiro Producer Market, as an alternative to the minimum variance model of Markowitz (1952). In theoretical terms, it was observed how the degree of risk aversion influences the trade-off of the optimized portfolio. In practical terms, it was observed whether the calculated weights for insample data are applied to the out-of-sample data, in order to test the ergodic hypothesis. They were collected on the Juazeiro Producer Market, monthly prices of 24 vegetables, totaling 168 prices for vegetables between January/2001 and December/2014. It was found that the degree of risk aversion present in the Mean-Variance brought a better portfolio optimization proposal than the minimum variance, due to it really deals with the trade-off return/risk. However, the weights obtained on insample data proved incompatible when used for out-of-sample data. Therefore, these results indicated only the potential application of the Mean-Variance approach, given the violation of the ergodic hypothesis. Comments for futures studies are told at the end of the article.

**Keywords:** Risk price. Risk aversion. Vegetables.

---

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia de Produção pela UNIVASF. Av. Antônio Carlos Magalhães, 510, Country Club, Juazeiro (BA). CEP: 48.902-300. tamireslago@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Administração (UFPE). Professor do curso de Engenharia de Produção da UNIVASF. abdinardo.oliveira@univasf.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a agropecuária tem se mostrado um setor dinâmico que vem contribuindo de maneira significativa para o crescimento da economia brasileira. Ela é responsável por empregar expressiva parcela da população do país, e de acordo com balanço feito pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2015), a participação do setor no PIB passou de 21,4% para 23% entre 2014 e 2015.

Neste âmbito, são apresentados alguns dados das hortaliças brasileiras. A área ocupada foi de 657 mil hectares envolvendo 18 segmentos, com uma produção de 19,62 milhões de toneladas e estimativa de dois milhões de empregos diretos. O consumo *per capita* anual brasileiro é de 27 kg, valor considerado baixo se comparado com Itália (158 kg), EUA (99 kg) ou Israel (73 kg), mesmo com todas as evidências científicas das benesses das hortaliças para a saúde humana (ABCSEM, 2012).

Parte dessa extensão agrícola está situada no Vale do São Francisco, na divisa entre os estados da Bahia e Pernambuco, que através do Mercado Produtor de Juazeiro (MPJ-BA), escoia 25% da sua produção, onde é possível encontrar uma expressiva variedade de hortaliças (MATOS; OLIVEIRA; SOUZA, 2012).

Contudo, é importante relembrar que a atividade agropecuária apresenta riscos. Dentre eles, o risco de preço, o qual inflige uma dificuldade por parte dos produtores em precificar corretamente a sua produção. Adicionalmente, a horticultura, diferente das commodities agrícolas negociadas em Bolsa de Valores, não possui qualquer ferramenta financeira para proteção do risco de preço (ex: mercado de futuros ou de opções), o que faz aumentar a incerteza de sua atividade econômica.

Diante desta situação, Matos, Oliveira e Souza (2012) sugeriram o uso da Teoria do Portfólio de Markowitz (1952) (daqui em diante, TP) para, via diversificação da produção numa carteira eficiente, diminuir o risco de preço das hortaliças comercializadas no MPJ. Nessa esteira, estudos semelhantes também foram vistos para as frutas comercializadas no Vale do São Francisco (OLIVEIRA; SOUZA; MATOS, 2013; OLIVEIRA; SANTOS, 2014), os quais demonstraram a potencialidade da aplicação desta teoria pelo viés econômico-financeiro<sup>3</sup>, corroborando com pesquisas anteriores que tratam da aplicação da TP na agropecuária.

Todavia, a TP apresenta um entrave: ela não leva em consideração o retorno esperado da carteira durante a obtenção dos pesos dos ativos que a compõe para minimizar a sua

---

<sup>3</sup> Para além do viés econômico-financeiro, esses estudos também informam que a *expertise*, o volume de investimentos e os canais de comercialização devem ser considerados ao pôr em prática a TP nesses contextos, dado que originalmente ela foi criada para ativos financeiros (Nota dos autores).

variância (isto é, o risco). Logo, o agente “aceita” esse retorno encontrado, que pode não coincidir com o desejado. Curiosamente, o próprio Markowitz (1952) reconhece que os investidores querem, ao mesmo tempo, maximizar os retornos e minimizar os riscos.

Como alternativa, existe a abordagem da Média-Variância (ANDERSON; DANTHINE, 1980, 1981), já empregada em trabalhos sobre *hedging* (OLIVEIRA; SANTOS, 2015), que considera a maximização de uma dada função utilidade que simboliza o *trade-off* retorno/risco desse portfólio, ao invés de somente procurar minimizar a sua variância e aceitar o seu respectivo retorno. Ademais, esta abordagem incorpora o conceito de aversão ao risco, devidamente explicado por Kahneman e Tversky (1979) e Tversky e Kahneman (1992).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a aplicabilidade da abordagem da Média-Variância na diversificação do retorno/risco para as hortaliças comercializadas no MPJ. Em termos teóricos (objetivo específico 1) será observado como o grau de aversão ao risco influencia no *trade-off* do portfólio otimizado. Em termos práticos (objetivo específico 2) será observado se os pesos calculados para dados dentro da amostra se aplicam para dados fora da amostra, com vistas a testar a hipótese da ergodicidade (HERSCOVICI, 2005), cujo futuro pode ser previsto com dados passados numa evolução previsível e estável.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Teoria do Portfólio de Markowitz (1952)

O retorno observado dos ativos individuais ( $\bar{R}_a$ ) é calculado a partir da média aritmética,  $\bar{R}_a = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}$ , considerando o número (N) de retornos ( $R_i$ ) observados no ativo em questão. Caso as probabilidades de ocorrência sejam diferentes, é empregada a equação  $\bar{R}_a = \sum_{i=1}^N P_i * R_i$ , que representa a média ponderada à probabilidade de ocorrência ( $P_i$ ) do retorno ( $R_i$ ). Então, o retorno esperado do portfólio é alcançado pela expressão  $\bar{R}_c = \sum_{j=1}^N X_j * \bar{R}_j$ , onde ( $X_j$ ) mostra a proporção do ativo investido  $\bar{R}_a$  para obtenção do retorno esperado do portfólio  $\bar{R}_c$ .

Já a variância (risco) do portfólio é a expectância dos quadrados dos desvios dos retornos observados dos ativos individuais em torno do retorno esperado do portfólio destes ativos:  $\sigma_c^2 = E * (\sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R}_i) * X_i)^2$ , cuja expressão pode ser reescrita na seguinte forma:  $\sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N X_i^2 * \sigma_i^2 + \underbrace{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_i * X_j * \sigma_{ij}}_{i \neq j}$ , a qual representa a matriz de variâncias-covariâncias: é uma matriz quadrada composta ao todo por  $N^2$  elementos derivados da combinação entre os ativos. Nela surge o termo da covariância ( $\sigma_{i,j}$ ) entre ativos, que mede

como os retornos dos ativos variam em conjunto, cuja ordem dos ativos não interfere no seu cálculo ( $\sigma_{i,j}, \sigma_{j,i}$ ).

Ao dividir a covariância pelo produto dos desvios-padrão dos ativos, obtêm-se uma variável com as mesmas propriedades da covariância, mas padronizada dentro do intervalo [-1;+1], chamado coeficiente de correlação, ditado pela equação  $\rho_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j}$ . Salienta-se que tal expressão não muda as propriedades da covariância, mas apenas normaliza seus valores no intervalo [-1;+1], facilitando o entendimento dos resultados.

Logo, a matriz de variâncias-covariâncias também pode ser assim escrita:

$$(1) \quad \sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N X_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N X_i X_j \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j$$

O objetivo da Teoria do Portfólio é minimizar  $\sigma_c^2$ , considerando as seguintes restrições:

- $\sum_{i=1}^N X_i = 1$  (1ª restrição);
- $X_i \geq 0$ , para  $i = 1, 2, \dots, N$  (2ª restrição);

## 2.2 Abordagem da Média-Variância (ANDERSON; DANTHINE, 1980, 1981)

A abordagem da Média-Variância procura a maximização de certa função utilidade quadrática<sup>4</sup>  $U$  que represente o *trade-off* risco [ $\text{Var}(U)$ ] e retorno [ $E(U)$ ] existente em certo portfólio. Portanto, esta abordagem é expressa pela equação

$$(2) \quad \text{Max } E(U) - \frac{1}{2} * A * \text{Var}(U)$$

Onde  $A$  é um número real positivo, que indica os graus de aversão ao risco. Se admitir que  $E(U)$  é a função de retorno do portfólio  $\bar{R}_c$  e que  $\text{Var}(U)$  é a função de risco  $\sigma_c^2$ , é possível notar que o agente procurará uma composição ótima de ativos  $X_i$  que maximize essa diferença, a partir do parâmetro  $A$ . Nessa ótica, não existe apenas um único portfólio ótimo, mas um conjunto de portfólios ótimos em função dos graus de aversão ao risco percebidos pelos agentes.

Nesses termos, o objetivo da abordagem Média-Variância é alcançado a partir das seguintes condições:

- $\text{Max } \bar{R}_c - 0,5 * A * \sigma_c^2$
- $\sum_{i=1}^N X_i = 1$  (1ª restrição);
- $X_i \geq 0$ , para  $i = 1, 2, \dots, N$  (2ª restrição);

<sup>4</sup> A função utilidade quadrática é frequentemente usada na literatura de economia e finanças por permitir que a análise média-variância seja expressa numa função de utilidade esperada (ELTON *et al.*, 2004).

- $A > 0$ ;

Uma observação que precisa ser feita é que se  $A \rightarrow \infty$  (máxima aversão ao risco), a abordagem da Média-Variância torna-se a Teoria do Portfólio de Markowitz (1952), revelando-se, portanto, como um caso especial da abordagem Média-Variância.

### 2.3 Coleta e procedimentos de análise dos dados

Esta é uma pesquisa descritiva e do tipo levantamento longitudinal. Foram coletados, junto à Administração do MPJ, os preços mensais de 24 hortaliças descritas no Quadro 1, entre janeiro de 2001 e dezembro de 2014, totalizando 168 preços mensais por hortaliça. Não foi possível incluir na análise os dados de 2015 devido à sua indisponibilidade no instante em que aconteceu a coleta desses preços.

**QUADRO 1- Hortaliças comercializadas no MPJ-BA**

<b>HORTALIÇAS (N=24)</b>			
1- Abóbora comum	7- Batata doce	13- Cenoura	19- Pepino
2- Abóbora jacarezinho	8- Batatinha	14- Chuchu	20- Pimentão
3- Aipim	9- Berinjela	15- Coentro	21- Quiabo
4- Alface	10- Beterraba	16- Feijão verde	22- Repolho
5- Alho	11- Cebola pera	17- Inhame	23- Tomate
6- Amendoim c/ casca	12- Cebola roxa	18- Jerimum	24- Vagem

Fonte: Dados da pesquisa.

Obtidos os preços mensais, calculou-se o retorno de cada hortaliça pela equação  $R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$ , onde  $R_t$  é o retorno em  $t$ ;  $P_t$  é o preço mensal em  $t$ ; e  $P_{t-1}$  é preço mensal imediatamente anterior. Disposto desses valores, foi realizada sua estatística descritiva.

Para atender o objetivo específico 1, foi calculado o retorno esperado  $\bar{R}_c$  e o risco  $\sigma_c^2$  do portfólio contendo as 24 hortaliças descritas no Quadro 1. Empregaram-se os procedimentos descritos na seção 2.2, atribuindo-se valores de risco para  $A$  entre 1 (máxima propensão) e 300 (máxima aversão), cujos pesos  $X_i$  das hortaliças foram encontrados via ferramenta de otimização Solver, presente na planilha eletrônica MS Excel®, de acordo com as orientações de Gonçalves Júnior, Pamplona e Montevechi (2002), cujo algoritmo está no Apêndice B. Em seguida, foram construídos gráficos que evidenciaram a influência dos graus de aversão ao risco no *trade-off* dos portfólios otimizados, considerando toda a série entre janeiro de 2001 e dezembro de 2014.

Em relação ao objetivo específico 2, dividiu-se a série histórica em duas sub-amostras: para os dados *dentro da amostra* (janeiro/2001 a dezembro/2011) e para os dados *fora da amostra* (janeiro/2012 a dezembro/2014). Repetiram-se em seguida os mesmos procedimentos descritos para o objetivo específico 1, somente para a máxima propensão ( $A = 1$ ) e para a máxima aversão ( $A = 300$ ) ao risco, de modo a verificar se os pesos  $X_i$

encontrados para os dados dentro da amostra foram semelhantes aos obtidos fora da amostra, com vistas a testar a hipótese da ergodicidade e a sua aplicação prática na otimização desses portfólios.

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 3.1 Estatística descritiva

A Tabela 1 mostra a estatística descritiva – média e desvio-padrão (DP) – para os retornos mensais dos preços das 24 hortaliças selecionadas. Os dados estão em ordem crescente de desvio-padrão, indo da hortaliça de menor risco até a de maior risco.

**Tabela 1.** Estatística descritiva das séries de retorno das hortaliças

HORTALIÇAS	DP	MÉDIA
Feijão verde	15,23%	1,91%
Pepino	16,85%	2,26%
Batata doce	17,28%	2,07%
Alho	18,01%	1,89%
Berinjela	19,40%	2,46%
Abóbora comum	20,25%	2,56%
Chuchu	22,48%	2,82%
Beterraba	22,95%	2,99%
Jerimum	23,01%	3,15%
Abóbora jacarezinho	24,01%	2,96%
Pimentão	25,27%	3,83%
Repolho	25,80%	4,20%
Vagem	25,83%	3,32%
Batatinha	28,31%	3,96%
Amendoim c/ casca	29,47%	4,01%
Aipim/macaxeira	32,01%	3,51%
Inhame	33,93%	3,93%
Quiabo	35,13%	6,37%
Cebola roxa	36,10%	6,08%
Cebola pera	40,67%	6,33%
Tomate	43,08%	8,97%
Cenoura	53,45%	6,72%
Alface	65,18%	14,40%
Coentro	80,48%	19,30%

Fonte: Dados da pesquisa.

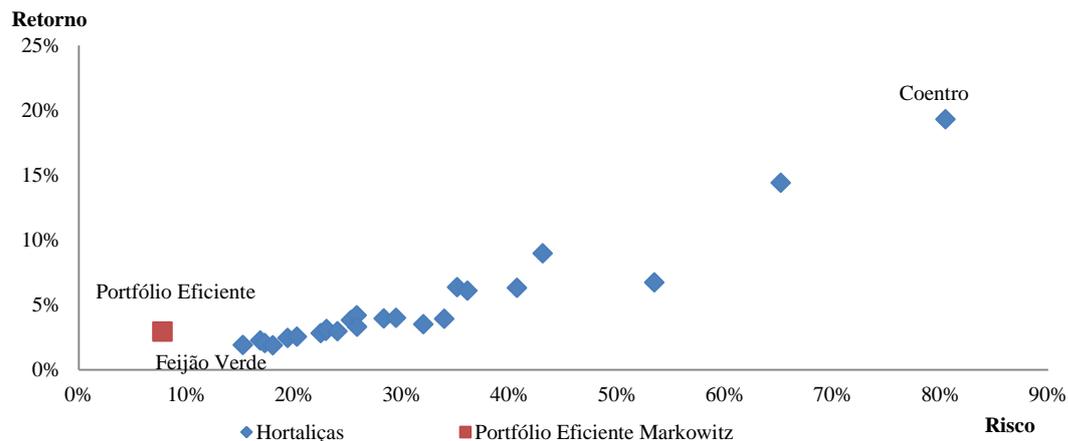
O feijão verde foi o que apresentou o menor risco de preço, enquanto que o coentro teve o maior risco. O risco de preço associado a esses produtos se dá, basicamente, pelo excesso ou escassez de oferta e demanda a eles associadas, conforme diz a teoria microeconômica (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). Além disso, o preço (e suas variações)

procura resumir, num único valor, toda a informação relevante para a efetivação da sua comercialização (ELDER, 1993).

### 3.2 Avaliação do *trade-off* retorno/risco via abordagem Média-Variância

Esta seção responde ao objetivo específico 1. A Figura 1 mostra, num gráfico de dispersão, a relação retorno/risco das hortaliças vistas na Tabela 1, em conjunto com o portfólio eficiente via Markowitz (1952), obtido conforme orientações da seção 2.1.

**Figura 2.** Relação retorno/risco para as hortaliças e o portfólio eficiente

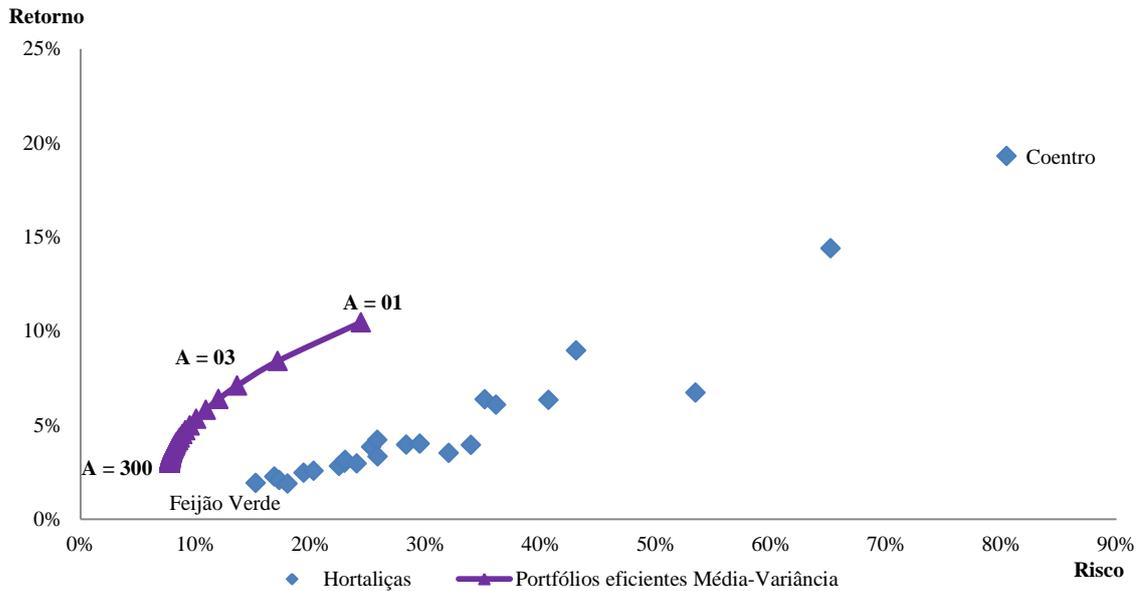


Fonte: Dados da pesquisa.

O portfólio eficiente possui um retorno de 2,94% e um risco de 7,76%, que nessas condições, oferece um retorno maior do que o obtido por sete hortaliças (29% do total), a um risco, pelo menos, 49% menor. Os pesos por hortaliça que geraram o portfólio eficiente estão disponíveis no Apêndice A. Vale ressaltar que o modelo de Markowitz (1952) considera que o agente tem máxima aversão ao risco ( $A \rightarrow \infty$ ).

A Figura 2 mostra, também num gráfico de dispersão, a mesma relação retorno/risco das hortaliças vistas na Tabela 1, agora em comparação com os portfólios eficientes obtidos via Média-Variância (MV), com valores de  $A$  entre 1 e 300.

**Figura 2** Deslocação retorno/risco para as hortaliças e os portfólios eficientes via MV

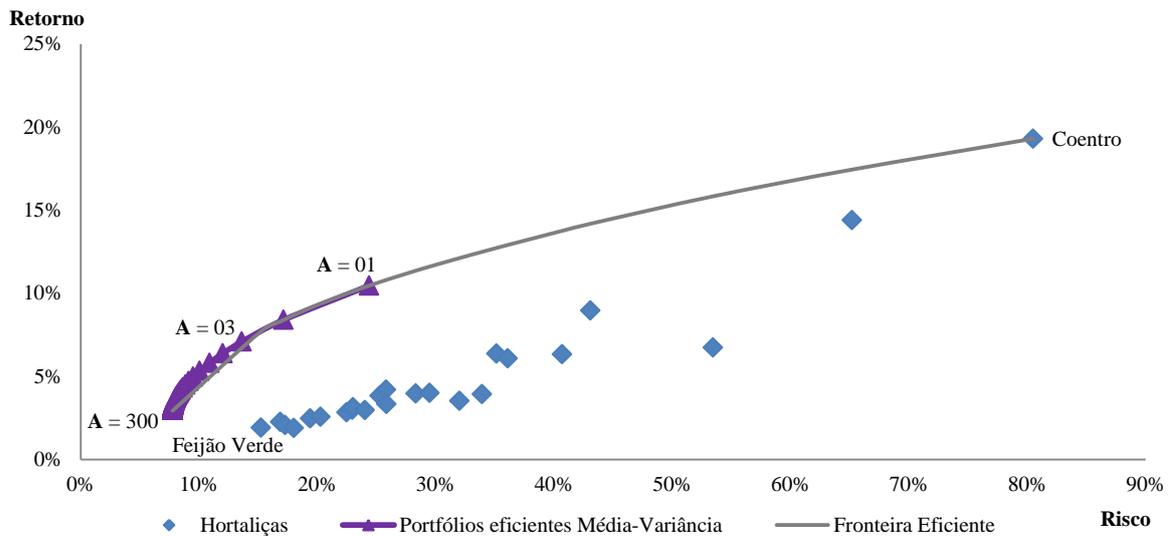


Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 2, é visto que os graus de aversão ao risco deslocam o portfólio eficiente da situação de máxima aversão (representando o portfólio eficiente de Markowitz com  $A = 300$ ) para a situação de máxima propensão ao risco, com  $A = 01$ .

Se for observado na Figura 2 o portfólio com grau de aversão ao risco igual a três ( $A = 03$ ), o retorno foi de 7,09%, sendo maior do que o conseguido individualmente por 20 hortaliças (83% do total), cujo risco foi de 13,61%, ainda permanecendo menor que o de todas elas (os pesos que geraram esse portfólio estão disponíveis no Apêndice A). Logo, a introdução dos graus de aversão ao risco trouxe uma melhor proposta de otimização de carteiras de investimento que a Teoria do Portfólio, porque consegue oferecer, ao mesmo tempo, uma solução com risco menor do que todos os ativos individuais, e retorno maior que o oferecido por Markowitz (1952).

Ademais, o deslocamento do portfólio eficiente pela abordagem da Média-Variância coincide, praticamente, com a Fronteira Econômica Eficiente (FEE), que representa as várias possibilidades de carteiras eficientes que, ao mesmo nível de risco (ou retorno) dos ativos individuais, proporcionam um maior retorno (ou menor risco), conforme ilustrado na Figura 3.

**Figura 3.** Comparação entre a Fronteira eficiente e a abordagem da Média-Variância

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a Figura 3, também é visto que o portfólio com  $A = 01$  tem um risco de 24,37%, que é menor do que o conseguido individualmente por 14 hortaliças. Esse mesmo portfólio tem um retorno de 10,46%, ficando somente abaixo dos retornos da alface e do coentro, que possuem maiores riscos.

### 3.3 Teste da Hipótese de Ergodicidade

Esta seção responde ao objetivo específico 2. A Tabela 2 mostra o resultado dos pesos  $X_i$  em função do grau de aversão ( $A = 300$ ) ou propensão ( $A = 01$ ) ao risco definido pelo agente, para os dados dentro (D) e fora (F) da amostra.

**Tabela 2.** Pesos atribuídos para cada hortaliça, por grau de aversão ao risco

HORTALIÇA	A = 300		A = 1	
	D	F	D	F
Abóbora Comum	1,75%	16,08%	-	-
Abóbora Jacarezinho	1,90%	-	-	-
Aipim/macaxeira	7,18%	-	-	15,14%
Alface	0,55%	1,60%	11,43%	18,67%
Alho	30,26%	-	-	-
Amendoim c/ casca	-	15,55%	2,46%	-
Batata doce	2,95%	-	-	-
Batatinha	4,12%	0,88%	-	5,46%
Berinjela	7,42%	13,45%	-	-
Beterraba	4,24%	-	-	-
Cebola pera	-	-	-	-
Cebola roxa	0,67%	4,75%	11,89%	10,68%
Cenoura	-	-	7,16%	2,69%
Chuchu	3,88%	-	-	-

**Tabela 2.** Pesos atribuídos para cada hortaliça, por grau de aversão ao risco (Cont.)

Coentro	0,01%	1,67%	18,32%	28,86%
Feijão verde	12,36%	7,77%	-	-
Inhame	10,89%	-	-	12,17%
Jerimum	4,06%	-	-	-
Pepino	5,63%	11,92%	-	-
Pimentão	1,08%	2,14%	-	-
Quiabo	0,32%	-	18,45%	-
Repolho	-	-	-	4,37%
Tomate	0,21%	-	30,30%	1,95%
Vagem	0,52%	24,18%	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

É notório perceber que, independente do grau de aversão ao risco, os pesos atribuídos para dados dentro da amostra não se assemelham aos pesos definidos para os dados fora da amostra.

Logo, os pesos  $X_i$  calculados com dados passados não podem ser aplicados para a construção do portfólio eficiente com dados futuros, indicando a violação da hipótese da ergodicidade (HERSCOVICI, 2005) para uma previsão de risco e retorno futuros com as hortaliças comercializadas no MPJ.

Algumas conjecturas são feitas para explicar a supracitada violação, como (BROOKS, 2008): (a) a ocorrência de quebras estruturais nas séries de retornos, as quais alteram significativamente o seu comportamento; (b) a ocorrência de heterocedasticidade na matriz de variâncias-covariâncias, haja vista que essa matriz nos modelos de Markowitz (1952) e Média-Variância é estática; (c) o tamanho amostral, particularmente para os dados fora da amostra, que influencia no resultado da matriz de variâncias-covariâncias.

#### 4 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a aplicabilidade da abordagem da Média-Variância na diversificação do retorno/risco para as hortaliças comercializadas no MPJ, como alternativa à Teoria do Portfólio de Markowitz (1952), a fim de minimizar o risco de preço inerente dessas hortaliças, dada a importância do setor na agropecuária brasileira.

Em termos teóricos (objetivo específico 1), foi visto que, com a inserção dos graus de aversão ao risco, foi possível ter uma proposta de otimização de carteiras de investimento melhor que a Teoria do Portfólio, pois considera, *de fato*, o *trade-off* retorno/risco.

Em termos práticos (objetivo específico 2), a violação da hipótese da ergodicidade não validou o uso dos pesos obtidos com os dados dentro da amostra para a construção de portfólios eficientes com dados futuros, isto é, fora da amostra.

Portanto, a resposta para o objetivo geral é que, tanto a abordagem da Média-Variância como a Teoria do Portfólio, são propostas *potenciais* de gestão de risco de preço, cuja fragilidade está no caráter estático de suas matrizes de variâncias-covariâncias, que não conseguem capturar as novas informações econômicas advindas da horticultura.

Para estudos futuros, é recomendado o uso de modelos que tratam do efeito da heterocedasticidade na matriz variância-covariância, como os da família ARCH (BERA; HIGGINS, 1993), ou de possíveis quebras estruturais nas séries históricas (HAMILTON, 1990), com vistas a validar a hipótese da ergodicidade e, nesse sentido, tornar prático a sua aplicação para o gerenciamento do risco de preço no MPJ.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. W.; DANTHINE, J. P. Hedging and joint Production: theory and illustrations. **The Journal of Finance**, Malden, v.35, n.2, p.487-498, May, 1980.
- \_\_\_\_\_. Cross Hedging. **Journal of Political Economy**, Chicago, v.89, n. 6, p.1182-1196, Dec., 1981.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. 2º **Levantamento de Dados Socioeconômicos da Cadeia Produtiva de Hortaliças no Brasil**. Campinas: ABCSEM, 2012. Disponível em: <[http://www.abcsem.com.br/imagens\\_noticias/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20completa%20dos%20dados%20da%20cadeia%20produtiva%20de%20hortali%C3%A7as%20-%2029MAIO2014.pdf](http://www.abcsem.com.br/imagens_noticias/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20completa%20dos%20dados%20da%20cadeia%20produtiva%20de%20hortali%C3%A7as%20-%2029MAIO2014.pdf)>. Acesso em: 18/03/2015.
- BERA, A. K.; HIGGINS, M. L. ARCH models: properties, estimation and testing. **Journal of Economic Surveys**, Oxford, v.7, n.4, p.305-366, Dec., 1993.
- BROOKS, C. **Introductory econometrics for finance**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2008. p.451-468.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Agropecuária lidera os números da economia brasileira em 2015**. Brasília: CNA, 2015. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/agropecuaria-lidera-os-numeros-da-economia-brasileira-em-2015>>. Acesso em: 04/01/2016.
- ELDER, A. **Trading for a living: psychology, trading tactics, money management**. New York: John Wiley & Sons, 1993.
- ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. **Moderna teoria das carteiras e análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2004.
- GONÇALVES JÚNIOR, C.; PAMPLONA, E. O.; MONTEVECHI, J. A. Seleção de carteiras através do modelo de Markowitz para pequenos investidores (com o uso de planilhas eletrônicas). In: **IX SIMPEP**, Bauru, Anais... Bauru: UNESP, 2002.
- HAMILTON, J. D. Analysis of time series subject to changes in regime. **Journal of Econometrics**, London, v.45, n.1-2, p.39-70, Jul.-Aug., 1990.
- HERSCOVICI, A. Historicidade, entropia e não-linearidade: algumas aplicações possíveis na Ciência Econômica. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v.25, n.3, p.277-294, jul-set, 2005.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. **Econometrica**, Malden, v.47, n.2, p.263-292, Mar. 1979.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, Malden, v. 7, n.1., pp. 77-91, Mar. 1952.

MATOS, J. G.; OLIVEIRA, A. M. B.; SOUZA, B. S. G. Diversificação de risco e retorno via Teoria do Portfólio nas hortaliças comercializadas no Mercado Produtor de Juazeiro-BA. In: **VII SOBER Nordeste**, Ilhéus, *Anais...* Ilhéus: UESC, 2012.

OLIVEIRA, A. M. B.; SOUZA, B. S. G.; MATOS, J. G. Diversificação de risco e retorno via teoria do portfólio das frutas comercializadas no Mercado Produtor de Juazeiro-BA. In: **VIII SEPRONE**, Juazeiro do Norte, *Anais...* Juazeiro do Norte: URCA, 2013.

OLIVEIRA, A. M. B.; SANTOS, J. F. Diversificação de risco e retorno via teoria do portfólio na fruticultura do Vale do São Francisco. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, v.15, n.1, p. 1-14, 2014.

\_\_\_\_\_. Simulações de razões ótimas de hedge para a uva exportada brasileira. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.17, n.1, p.101-118, 2015.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. **Journal of Risk and Uncertainty**, London, v.5, n.4, p.297-323, Oct. 1992.

**APÊNDICE A – Pesos calculados para a Teoria do Portfólio (A = 300) e para a Média-Variância (A = 3)**

<b>HORTALIÇAS</b>	<b>PESOS A =300</b>	<b>PESOS A = 3</b>
Abóbora Comum	14,1%	3,1%
Abóbora Jacarezinho	0,6%	1,3%
Aipim/macaxeira	-	4,5%
Alface	0,5%	5,8%
Alho	12,4%	-
Amendoim c/ casca	3,9%	12,6%
Batata doce	3,2%	-
Batatinha	-	-
Berinjela	13,5%	7,9%
Beterraba	4,2%	-
Cebola pera	-	-
Cebola roxa	3,3%	12,3%
Cenoura	-	4,6%
Chuchu	1,5%	-
Coentro	0,8%	8,3%
Feijão verde	17,2%	-
Inhame	1,1%	-
Jerimum	1,2%	3,0%
Pepino	12,7%	-
Pimentão	1,6%	-
Quiabo	2,5%	12,7%
Repolho	-	-
Tomate	1,2%	16,2%
Vagem	4,6%	7,6%

Fonte: Dados da pesquisa.

**APÊNDICE B – Algoritmo em VBA para o cálculo dos pesos eficientes na abordagem  
Média-Variância**

```
Sub Media_Variancia()  
Dim i As Integer  
  
Worksheets("Variância").Activate  
  
Cells(37, 2) = 0  
  
For i = 1 To 300  
  
Cells(37, 2) = i  
  
SolverReset  
SolverOptions  
SolverOK SetCell:=Range("B39"), _  
MaxMinVal:=1, _  
ByChange:=Range("B29:Y29")  
  
SolverAdd cellRef:=Range("Z29"), _  
Relation:=2, _  
formulaText:=1  
  
SolverAdd cellRef:=Range("B29:Y29"), _  
Relation:=3, _  
formulaText:=0  
  
SolverSolve UserFinish:=True  
  
Cells(i + 2, 28) = Cells(37, 2)  
Cells(i + 2, 29) = Cells(32, 2)  
Cells(i + 2, 30) = Cells(33, 2)  
  
Next i  
  
End Sub
```