

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

LUÍS DAVI VICENSI SIQUEIRA

**ESTRATÉGIAS DE COMERCIALIZAÇÃO PARA O PRODUTOR DE ARROZ
A PARTIR DA DIVERSIFICAÇÃO DO PERÍODO DE VENDA**

Porto Alegre

2010

LUÍS DAVI VICENSI SIQUEIRA

**ESTRATÉGIAS DE COMERCIALIZAÇÃO PARA O PRODUTOR DE ARROZ
A PARTIR DA DIVERSIFICAÇÃO DO PERÍODO DE VENDA**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Economia, apresentado ao Programa de Pós-graduação em Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva

Porto Alegre

2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S618e Siqueira, Luís Davi Vicensi
Estratégias de comercialização para o produtor de arroz a partir
da diversificação do período de venda / Luís Davi Vicensi
Siqueira. – Porto Alegre, 2010.
73 f.

Diss. (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) –
Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUCRS.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva.

1. Economia. 2. Arroz – Comercialização. 3. Teoria de
Carteiras. 4. Estratégias. I. Silva, Carlos Eduardo Lobo e.
II. Título.

CDD 380.141318

Bibliotecária Responsável: Dênira Remedi – CRB 10/1779

Luís Davi Vicensi Siqueira

**ESTRATÉGIAS DE COMERCIALIZAÇÃO PARA O PRODUTOR DE
ARROZ A PARTIR DA DIVERSIFICAÇÃO DO PERÍODO DE VENDA**

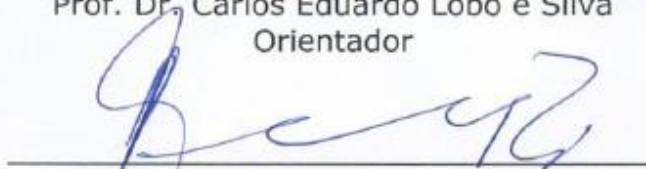
Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em 31 de agosto de 2010, pela Banca Examinadora.

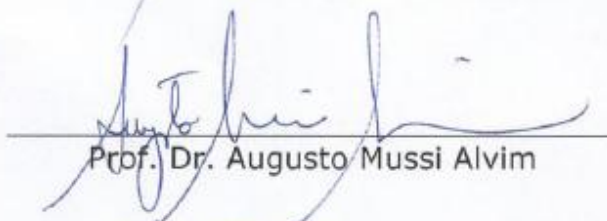
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Carlos Eduardo Lobo e Silva
Orientador



Prof. Dr. Osmar Tomaz de Souza



Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim



Profa. Dr. Angélica Massuquetti

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me propiciar este momento.

Aos meus valiosos pais e aos meus irmãos pelo apoio.

Os agradecimentos são muitos, mas faço referência especialmente ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), representado pelos senhores Maurício Fischer e Rubens Silveira pela confiança depositada à Universidade. Através do Convênio celebrado entre o IRGA e a PUCRS foi possível não só um auxílio para a conclusão deste mestrado, mas também a contribuição do Estado como parceiro no fomento à Pesquisa. Agradeço ainda aos técnicos do IRGA, especialmente aos senhores Gilberto Amato, Mario Sérgio Azevedo e Victor Hugo Kaiser.

Faço uma citação carinhosa à professora Izete, coordenadora da Pós-graduação em Economia do Desenvolvimento da PUCRS, por sua solicitude e generosidade.

Ao meu professor orientador Carlos Eduardo Lobo e Silva. Sua competência, paciência, dedicação, humor e estímulo são qualidades que lhe fizeram um facilitador no decorrer deste trabalho. Desejo ao professor vida longa na Academia.

Aos professores Augusto, Osmar e Valter por suas contribuições no Projeto desenvolvido. Muito obrigado.

Um agradecimento muito especial aos meus colegas Alberto Ayres e Carla Michele Corbeti pelo companheirismo. Desejo sucesso ao futuro de vocês.

Ao Gil, à Deise, à Luzihê e ao Pedro por suas gentilezas, muito obrigado.

RESUMO

Assim como na administração de ativos se procura mecanismos para melhorar a eficiência da relação risco retorno dos investimentos, este trabalho trouxe da Teoria de Carteiras a base para analisar melhores alternativas de rentabilidade na comercialização de arroz. A ideia foi considerar diferentes meses de comercialização como diferentes ativos e, a partir dos 12 ativos (meses) que compreenderam o período de uma safra a outra, foi construída a fronteira de eficiência de carteiras, conforme proposto por Markowitz (1952). Além disso, o trabalho utilizou os modelos CAPM e de Elton e Gruber (1978) para testar os mesmos ativos como expostos acima. Os resultados confirmam os ganhos que a diversificação pode trazer em termos de risco e retorno. No caso do modelo de Markowitz (1952), os meses de março e novembro foram os mais presentes na carteira de eficiência, sendo que quanto mais propenso ao risco for o produtor maior deverá ser a proporção de comercialização no mês de novembro.

Palavras-chave: arroz, comercialização, teoria de carteiras, modelo de Markowitz, CAPM, Elton e Gruber.

ABSTRACT

This work uses the portfolio theory to analyze the strategies of commercialization of rice in terms of risk and return, considering different periods of commercialization as different assets. Initially, this study builds an efficient frontier of portfolios as proposed by Markowitz (1952). Moreover, it uses the CAPM model as well as Elton's & Gruber's model (1978) to test those strategies mentioned previously. The results confirm the gains that diversification can bring in terms of risk and return. Specifically in the case of the Markowitz model (1952), March and November were the two periods more relevant for the portfolios belonging to the efficient frontier.

Keywords: rice, trading, Portfolio Theory, Markowitz model, CAPM, Elton and Gruber.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área plantada de arroz no RS – safras de 1995 a 2010.....	19
Figura 2 – Produção de arroz no RS – safras de 1995 a 2010.....	20
Figura 3 – Regiões produtoras de arroz no RS.....	20
Figura 4 – Produtividade de arroz no mundo, Brasil, RS, Argentina e Uruguai.....	21
Figura 5 – Dez países com maiores produtividades de arroz na safra 2009/2010.....	22
Figura 6 – Cadeia agroindustrial do arroz no RS.....	23
Figura 7 – Níveis de correlação.....	28
Figura 8 – Curvas de preferências do investidor.....	29
Figura 9 – Curvas de diferentes correlações.....	35
Figura 10 – Fronteira eficiente de Markowitz.....	37
Figura 11 – Volatilidade dos betas	40
Figura 12 – Reta da SML.....	41
Figura 13 – Índice de Atratividade.....	44
Figura 14 – Etapas do trabalho.....	46
Figura 15 – Determinação da taxa de retorno.....	47
Figura 16 – Preços médios de 1995 a 2010 para a saca de 50kg de arroz	51
Figura 17 – Fronteira eficiente das carteiras otimizadas.....	52
Figura 18 – Composição da carteira de mínima variância.....	53
Figura 19 – Distribuição da comercialização a partir da mínima variância.....	56
Figura 20 – Simulação da maximização da utilidade do produtor.....	59
Figura 21 – Reta da SML para os ativos da carteira à vista.....	61
Figura 22 – Taxas de retorno requerida pelo CAPM.....	61
Figura 23 – Carteira ótima pelo método de Elton e Gruber.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição das carteiras otimizadas.....	54
Quadro 2 – Retorno e risco da comercialização real.....	57
Quadro 3 – Maximização da utilidade.....	59
Quadro 4 – Betas dos 12 ativos da carteira à vista.....	60
Quadro 5 – IA e ponto de corte da carteira ótima.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dez maiores países produtores de arroz em 2009.....	15
Tabela 2 – Retorno e risco médio dos ativos	50

LISTA DE SIGLAS

ACA – Asociación de Cultivadores de Arroz del Uruguay
ACPA – Asociación Correntina de Plantadores de Arroz
AGF – Aquisições do Governo Federal
CAPM – Capital Asset Price Model
CDI – Certificado de depósito interbancário
CESA – Companhia Estadual de Silos e Armazéns
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
CPR – Cédula do Produto Rural
EGF – Empréstimos do Governo Federal
FGV – Fundação Getúlio Vargas
IA – Índice de Atratividade
IGPD-I – Índice Geral de Preços Disponibilidade Interna
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz
IRRI – International Rice Research Institute
IS – Índice de Sharpe
IT – Índice de Treynor
MERCOSUL – Mercado Comum do Sul
MINAGRI – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
SELIC – Sistema especial de Liquidação e Custódia
SINDARROZ – Sindicato da Indústria do Arroz no estado do RS
SML – Security Market Line
USDA – United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 COMERCIALIZAÇÃO	14
2.1 Produção mundial de arroz.....	15
2.2 Produção de arroz no MERCOSUL.....	16
2.3 Produção de arroz no Brasil.....	17
2.4 Produção de arroz no Rio Grande do Sul.....	19
2.5 Cadeia produtiva de arroz no RS.....	23
3 TEORIA RISCO E RETORNO	25
3.1 Conceito de retorno.....	25
3.2 Conceito de risco.....	26
3.3 Risco diversificável e não diversificável.....	27
3.4 Preferências do investidor.....	28
3.4.1 Utilidade do investidor.....	29
3.5 Teoria de Carteiras.....	30
3.5.1 Fundamentos da teoria de Markowitz.....	31
3.5.2 Fronteira eficiente de Markowitz.....	35
3.6 O modelo CAPM.....	37
3.6.1 Críticas ao CAPM.....	42
3.7 O modelo de Elton e Gruber.....	43
4 METODOLOGIA	46
4.1 Levantamento dos dados utilizados.....	46
4.2 Construção da carteira comercializada à vista.....	47
4.3 Otimização da carteira.....	48
5 RESULTADOS	50
5.1 Fronteira eficiente.....	51
5.2 Análise com o método do CAPM.....	60
5.3 Análise com o método de Elton e Gruber.....	62

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	66
APÊNDICE A – Matriz de variância dos retornos.....	72
APÊNDICE B – Matriz de correlação dos retornos.....	72
APÊNDICE C – Retorno médio das carteiras com venda à vista.....	73

1 INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor brasileiro de arroz. A produção de arroz gaúcha contribuiu em 2009 com aproximadamente 63% da produção nacional. Alterações positivas ou negativas na atividade agrícola estadual se refletem imediatamente no contexto da safra brasileira. Desta forma, o setor possui uma grande importância não só para a estrutura agrícola do estado, como também do país.

As variações de quedas nos preços pagos aos produtores exigem constantes movimentos por parte do setor em busca de soluções para minimizar os efeitos de perdas. Assim como em outras culturas, os preços do arroz também têm o seu período sazonal. Nos últimos 15 anos os preços do arroz pago aos produtores vêm numa escalada declinante, chegando em 2010 a patamares inferiores aos registrados no período de 1995 a 1999, de acordo com IRGA (2010b).

Esta situação desfavorável é enfrentada pelo produtor no momento da comercialização do cereal. A comercialização é uma etapa chave dentro do processo de distribuição de qualquer bem. Assim como para um empresário a rentabilidade é o fator decisório na continuidade de uma empresa, para o produtor a sua rentabilidade também irá determinar sua permanência ou não em uma atividade agrícola.

A atividade arrozeira tem uma importante representatividade no setor agrícola do estado do Rio Grande do Sul, pois corresponde ao segundo principal produto (em termos de quantidade e valor da produção está atrás da soja). A instabilidade nos preços do arroz pagos ao produtor traz apreensão ao setor. Não é viável para um empreendimento quando um retorno deixa de cobrir o seu custo de produção.

Os preços do arroz são determinados pela relação de equilíbrio entre oferta e demanda, além de fatores, como, por exemplo, variação na taxa cambial (principalmente importação dos países vizinhos Argentina e Uruguai) e estoque de passagem (quanto maior o estoque, menor o preço pago ao produtor).

Devido ao aumento da oferta, no período de safra o arroz apresenta os preços mais baixos pagos aos produtores. O produtor pode comercializar o seu arroz não só nos meses de safra, mas ao longo dos demais meses até o início da próxima colheita. Porém, ao escolher o mês de comercialização o produtor estará exposto a uma volatilidade dos valores pagos, representando, assim, um risco a sua rentabilidade. Esta relação entre risco e rentabilidade é

largamente utilizada em análises no mercado financeiro. A proposta desta dissertação foi aplicar a teoria de risco e retorno para a comercialização de arroz.

Com o interesse de contribuir com o setor, este trabalho tem como objetivo geral investigar a relação risco e retorno na comercialização de arroz para os produtores do estado do Rio Grande do Sul, tendo como análise o período de 1995 a 2010, a fim de se indicar estratégias de maior eficiência comercial através de proporção de ativos formando carteiras.

Como objetivos específicos propõem-se:

- a) Apresentar um panorama da produção de arroz no mundo, no MERCOSUL, no Brasil, no estado do Rio Grande do Sul e da cadeia de produção;
- b) Analisar e adaptar a teoria de otimização de carteiras para as questões relativas a comercialização de arroz;
- c) Identificar quais os melhores meses de comercialização, levando em conta o risco e o retorno de cada estratégia, considerando o período de análise de 1995 a 2010.

Para o desenvolvimento deste trabalho, o estudo está compreendido em 6 capítulos. Além desta introdução, o capítulo 2 expõe o conceito de comercialização e um panorama da produção de arroz no mundo, no MERCOSUL, no Brasil e no RS. O capítulo 3 aborda o referencial teórico utilizado no trabalho. No capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada. Os resultados são analisados no capítulo 5. Como última etapa, as considerações finais são abordadas no capítulo 6.

2 COMERCIALIZAÇÃO

Como o presente trabalho explorou risco e retorno na comercialização de arroz, convém, primeiramente, abordar o conceito de comercialização agrícola.

No conceito de Barros (2007), a comercialização compreende “o conjunto de atividades realizadas por instituições que se acham empenhadas na transferência de bens e serviços desde o ponto de produção inicial até que eles atinjam o consumidor final”.

O mercado tem papel fundamental no processo de comercialização, pois é nele onde ocorrem as transferências das mercadorias, envolvendo produtores, distribuidores e consumidores. Esta transferência pode ocorrer tanto à vista, no ato (*cash market*), quanto numa entrega futura (operação de mercado a termo).

Na definição de mercado, dada por Marques e Aguiar (1993, p. 18), trata-se de “uma coleção de firmas, cada uma delas ofertando produtos que tem algum grau de substituição para os mesmos compradores potenciais”, onde a área de mercado, ou seja, o local onde ocorrem as transferências de mercadorias, “seria definida como sendo aquela região, sob influência do preço do produto”.

Brum (1993) cita como etapas da comercialização: reunião e distribuição do produto. A etapa da reunião é onde ocorre o armazenamento, o transporte, a classificação, etc., dos produtos primários. A distribuição do produto compreende os mercados onde os quais serão oferecidos os produtos aos consumidores.

Após este breve conceito de comercialização, as próximas seções apresentam alguns dados de comercialização de arroz no mundo, no MERCOSUL, no Brasil e no Rio Grande do Sul.

2.1 PRODUÇÃO MUNDIAL DE ARROZ

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA (2010) estimou para o ano de 2010 uma produção mundial de arroz de 680,6 milhões de toneladas, um crescimento de 3,1% em relação ao ano de 2009. Grande parte da produção deste cereal está concentrada na Ásia, em torno de 85% do total. A tabela 1 demonstra a produção para a safra de 2010 dos dez maiores produtores. Entre os principais produtores de arroz, o maior crescimento acumulado da produção nos últimos 15 anos foi obtido por Bangladesh, 63,4%. O Japão que no ano de 1995 possuía uma produção de arroz maior que a brasileira, no acumulado dos últimos 15 anos teve uma queda na produção de 19,2%.

Na estimativa do USDA (2010) o consumo mundial de arroz em 2010 será de aproximadamente 452,1 milhões de toneladas, 3,9% maior comparado ao ano de 2009. China e Índia além de maiores produtores também são os maiores consumidores, juntas representam 50% do total produzido e consumido. Nos últimos 15 anos as Filipinas obtiveram a maior taxa de crescimento acumulada no consumo, 62,5%. O Japão, assim como na produção, teve queda no consumo acumulado em 8,7%.

Tabela 1 – Dez maiores países produtores de arroz em 2010.

País	Produção		Consumo	
	(milhões de toneladas)	% de crescimento 1995-2010	(milhões de toneladas)	% crescimento 1995 -2010
China	194,3	6,3	135,0	3,0
Índia	148,5	33,6	98,0	29,2
Indonésia	58,9	14,8	38,2	13,2
Bangladesh	48,5	63,4	32,7	59,3
Vietnã	39,6	40	19,5	31,9
Tailândia	30,9	36,8	9,9	16,1
Mianmar	19,0	13,5	10,1	13,7
Filipinas	17,1	46,6	13,7	62,5
Brasil	12,4	32,5	8,6	11,4
Japão	10,8	-19,2	8,1	-8,7
Mundo	680,6	22,5	452,1	21,4

Fonte: USDA (2010). Nota: dados para 2010 são estimativas.

Além da produção e consumo, a Ásia também possui concentração no processo de exportação de arroz. De acordo com Mohanty (2009), a comercialização internacional do cereal varia de 5% a 7% da produção mundial, algo muito pequeno quando comparado a

outras culturas, como, por exemplo, a soja e o trigo, os quais, respectivamente, têm taxas de 30% e 20% da produção sendo comercializados entre países.

Conforme o USDA (2010), os cinco maiores exportadores de 2009 concentraram 80% das exportações de arroz. A Tailândia é a maior exportadora de arroz, comercializando no ano de 2009 9,5 milhões de toneladas. Do total de exportação de arroz em 2009 a Tailândia foi responsável por 32%, o Vietnã por 19%, os Estados Unidos e o Paquistão por 11%, a Índia por 7% e os 20% restante por outros países.

Quanto às importações, no ano de 2009 os dez maiores países importadores de arroz demandaram 30% do total de arroz comercializado no mundo, sendo Filipinas, Irã, Nigéria, Arábia Saudita e Iraque os cinco maiores importadores.

Para Mohanty (2009), uma maneira de reverter a concentração da comercialização externa do produto, seria através de uma expansão da produção para outros países, onde, estes, poderiam contribuir exportando maiores quantidades de arroz através do aumento de suas áreas plantadas e o aumento de suas produtividades.

2.2 PRODUÇÃO DE ARROZ NO MERCOSUL

O Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) foi criado em 26 de março de 1991 sendo constituído por quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Destes quatro países, o maior produtor de arroz é o Brasil, que será explorado separadamente na próxima seção. Com referência aos demais países citados (Argentina, Paraguai e Uruguai), eles totalizaram, na safra de 2008/2009, 2,6 milhões de toneladas de arroz. Destes países, o maior produtor é o Uruguai, seguido da Argentina e do Paraguai, sendo que este último tem uma pequena produção de arroz.

A produção de arroz uruguaia na safra de 2008/2009 foi de 1,3 milhões de toneladas. O país contou ainda com uma área plantada de 167 mil hectares e com uma das maiores produtividades do mundo, 8,0 mil kg/ha. Suas principais regiões produtoras são os departamentos de Treinta y Tres, Cerro Largo e Rocha (juntas participam em 70% da produção). Aproximadamente 55% da produção de arroz uruguaia é exportada, tendo o Brasil

como o principal destino. Na safra de 2007/2008, 22,7% de sua exportação foi destinada ao Brasil, conforme dados da Associação de Cultivadores de Arroz – ACA (2010).

A Argentina possui alguns indicadores da produção de arroz semelhantes aos registrados no Uruguai. Na safra de 2008/2009 sua área plantada totalizou 193,8 mil hectares, fornecendo uma produção de 1,3 milhões de toneladas e uma produtividade média de 7,95 mil kg/ha. As províncias de Corrientes e Entre Ríos são as maiores produtoras (juntas totalizaram 82% da produção na safra citada), de acordo com o Ministério da Agricultura, Gado e Pesca da Argentina – MINAGRI (2010). Assim como o Uruguai, grande parte da produção argentina exportada tem como destino o Brasil. Segundo a Associação Correntina de Plantadores de Arroz – ACPA (2010), no ano de 2009 a Argentina destinou ao Brasil 41% do total de sua exportação de arroz.

2.3 PRODUÇÃO DE ARROZ NO BRASIL

Para a safra de 2009/2010 estimativas da CONAB (2010a) indicam uma produção de 11,4 milhões de toneladas, com um total de área plantada de 2,7 milhões de hectares. Estes dados apontam quedas em comparação com a safra de 2008/2009 de 10% e 5%, para produção e área cultivada, respectivamente. Esta queda foi influenciada, em grande parte, por alterações climáticas negativas que atingiram o Rio Grande do Sul, maior produtor. Chuvas em excesso causaram atraso na semeadura ou destruição de áreas já plantadas.

Embora o país possua uma grande área plantada de arroz, sua produtividade não é alta. Em 2009 a produtividade brasileira de arroz foi levemente superior a média mundial (4,31 mil kg/ha Brasil *versus* 4,24 mil kg/ha mundo). As maiores produtividades de arroz no ano de 2009 foram registradas no Egito (10,4 mil kg/ha), na Austrália (8,7 mil kg/ha) e no Uruguai (8,0 mil kg/ha). Conforme a CONAB (2010a), a estimativa da produtividade de arroz para a safra de 2009/2010 foi a seguinte: região sul (6,42 mil kg/ha), região centro-oeste (2,97 mil kg/ha), região sudeste (2,65 mil kg/ha), região norte (2,49 mil kg/ha) e região nordeste (1,54 mil kg/ha). Os três maiores estados em produtividade para esta mesma safra foram: Santa Catarina (7,20 mil kg/ha), Rio Grande do Sul (6,40 mil kg/ha) e Mato Grosso do Sul (5,49 mil kg/ha).

Embora a produtividade de arroz no Brasil não seja alta, deve-se destacar que de 1999 a 2009 o Brasil teve um dos maiores crescimentos acumulados de produtividade no mundo, 40,88%. Índice influenciado, principalmente, por aumentos das taxas no RS, SC e MS. Salienta-se ainda que a produtividade de arroz no Brasil é maior que as registradas em outras importantes culturas no país, como, por exemplo, feijão (1,40 mil kg/ha), milho (3,59 mil kg/ha) e soja (2,63 mil kg/ha),

Quanto ao total produzido, das 11,4 milhões de toneladas estimadas para a safra de 2009/2010 no Brasil, 72% foi cultivada na região sul, com destaque para o RS, maior produtor nacional de arroz, cuja participação foi de 61% no total brasileiro.

Outro fator a ser destacado é a exportação de arroz no Brasil. Na safra de 2008/2009 houve um aumento de 13,23% quando comparado com a safra de 2007/2008. Se a comparação for com a safra de 2006/2007, o aumento deu um salto, foi de quase 200%. Conforme Silveira (2009), a criação de Programas para o setor, os quais objetivaram aumentar a produtividade, a qualidade e a ampliação de mercados foram importantes para o aumento da exportação nos últimos anos. Deve-se destacar que o perfil do arroz exportado também vem tendo alteração. No período de 2007/2008 89% do arroz exportado foi quebrado. Esta classificação se alterou. Na safra de 2008/2009, 61% da exportação foi composta por arroz beneficiado, de acordo com IRGA (2010b).

O aumento da exportação de arroz brasileiro está associado à dinâmica da produção gaúcha. Quando se explora o aumento das exportações, percebe-se que este crescimento é devido a produção do RS, em torno de 90% do arroz exportado pelo Brasil é oriundo do estado. Mapeando o destino do arroz, o principal mercado é o continente africano, pois, dos dez maiores importadores de arroz brasileiro, sete eram africanos: Benin, Senegal, Gâmbia, Nigéria, Guiné, Mauritânia e África do Sul, que compraram 54% do total exportado pelo Brasil.

Embora se verifique aumento nas exportações de arroz do Brasil, ainda assim, a quantidade exportada é pequena se comparada com países vizinhos, como a Argentina e o Uruguai. No ano de 2008 a Argentina exportou 42% de sua produção. O Uruguai teve uma exportação de 55% do total produzido. O Brasil no mesmo ano exportou 6% de sua produção, estando bem abaixo destes países vizinhos. No período de 1995 a 2010 a balança comercial de arroz no Brasil se mostrou desfavorável. Com exceção da safra de 2008, os demais anos apresentaram quantidades de arroz importado maiores que as quantidades exportadas. Para o

ano de 2010 a CONAB (2010a) estimou uma exportação de 350 mil toneladas e uma importação de 1 milhão de toneladas.

2.4 PRODUÇÃO DE ARROZ NO RS

Conforme mencionado, dentro da produção brasileira de arroz, o Rio Grande do Sul possui um papel de destaque entre os demais estados da Federação. O estado é o principal produtor nacional, responsável por aproximadamente 63% do total de arroz produzido no país.

Na safra de 2008/2009, a área plantada de arroz no RS foi de 1.105.728 hectares (figura 1), representando cerca de 40% do total de área plantada no Brasil. Estimativas da CONAB (2010a) indicam queda em torno de 3% da área plantada cultivada para a colheita de 2010. Mesmo com esta queda prevista, a área cultivada de arroz no RS, no período analisado, não teve fortes oscilações negativas. A área plantada de arroz no RS em 2009 foi a maior já registrada, uma superfície próxima da área plantada nos Estados Unidos, que para o mesmo ano foi de 1,2 milhões de hectares.

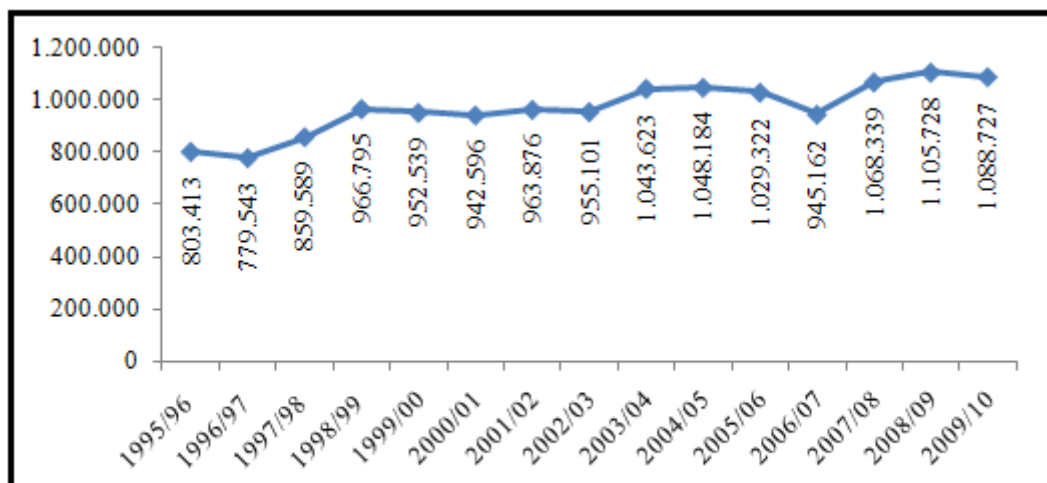


Figura 1 - Área plantada de arroz no RS - safras 1995 a 2010 (em hectares)
Fonte: IRGA (2010b)

O mesmo motivo da queda da área plantada deverá também afetar a produção de arroz no RS em 2010. Devido ao excesso de chuvas, a produção deverá recuar em torno 12%, comparado a 2009. A quebra da safra de 2010 irá interromper a ascendência da produção (figura 2).

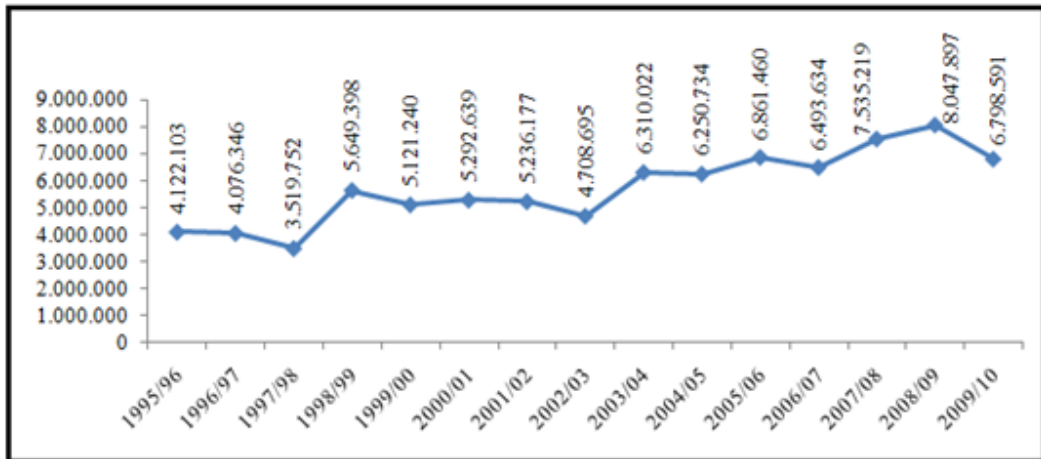


Figura 2 - Produção de arroz no RS - safras de 1995 a 2010, em kg
Fonte: IRGA (2010b).

No ano de 2009 o aumento da produção foi favorecido pelo clima propício, além de avanços da produtividade e área plantada, sendo que esta última, tornou-se mais atraente aos produtores devido aos melhores preços praticados em 2008. Embora se projete queda na safra de 2010, o ano de 2009 obteve a maior produção, 8,05 milhões de toneladas, praticamente o dobro do que se produzia no ano de 1995. A figura 3 mostra como estão divididas as regiões produtoras de arroz no RS.



Figura 3 - Regiões produtoras de arroz no RS
Fonte: IRGA (2010a).

A região Fronteira Oeste é a maior produtora de arroz no RS. Na safra de 2008/2009, ela teve uma participação de 31%. Esta maior participação deve-se ao fato da região possuir o maior número de hectares plantados (316.289) e a maior produtividade. Na divisão por municípios, o maior produtor também faz parte desta região, Uruguaiana, que participou com 8,16% da safra. Com referência ao número de lavouras utilizadas para a produção de arroz, de acordo com o IRGA (2006), o maior número encontrava-se na região da Depressão Central, 38%, sendo constatada a existência de 9.032 lavouras. O *ranking* das maiores regiões produtoras de arroz no RS na safra de 2009/2010 foi: região Fronteira Oeste, região Sul, região Campanha, região Planície Externa à Lagoa dos Patos, região Planície Interna à Lagoa dos Patos e região Depressão Central.

A produtividade do arroz gaúcho é uma das maiores do país. Na safra de 2008/2009 o RS possuía a maior média de produtividade de arroz no Brasil (7,28 mil kg/ha), tendo a região Fronteira Oeste apresentada a maior média no estado, 7,82 mil kg/ha. Assim como a produção e a área cultivada foram prejudicadas pelo clima em 2010, o mesmo ocorrerá com a produtividade, devendo apresentar queda de aproximadamente 10%, conforme CONAB (2010).

Em 1999 a produtividade de arroz do RS era a mesma registrada na Argentina (5,7 mil kg/ha). No ano de 2009 a produtividade gaúcha possuía média superior as taxas argentina, mundial, e brasileira, porém, ainda, inferior a taxa uruguaia. Observando a figura 4 percebe-se em alguns anos uma sincronia semelhante nas oscilações das taxas gaúcha, argentina e uruguaia.

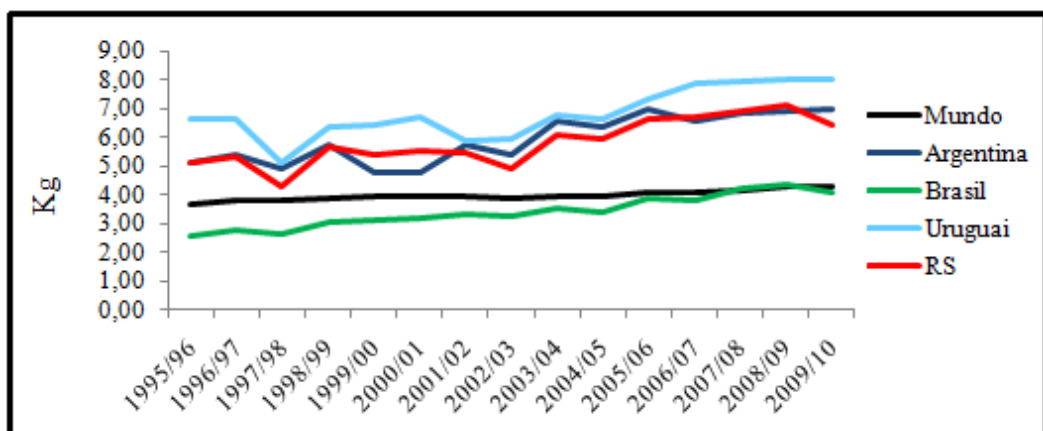


Figura 4 - Produtividade de arroz no mundo, Brasil, RS, Argentina e Uruguai - safras 1995/96 a 2009/10 - em mil kg/ha

Fonte: IRGA (2010b) e USDA (2010).

Eventualmente, alguns fatores podem ter o mesmo impacto nas três regiões, como, por exemplo, perdas referentes ao clima, dado a aproximação geográfica existente entre o RS e os outros dois países.

Sendo o RS um dos estados com a maior produtividade de arroz no país, é importante que o estado também se torne cada vez mais competitivo na taxa de produtividade mundial. Avaliando-se a taxa de crescimento acumulada da produtividade de arroz no RS nos últimos dez anos, a evolução demonstra uma superioridade da taxa gaúcha quando feito um comparativo com as taxas acumuladas dos cinco maiores países produtores de arroz. A produção de arroz no RS acumulou um percentual de crescimento da produtividade de 28,92% (figura 5).

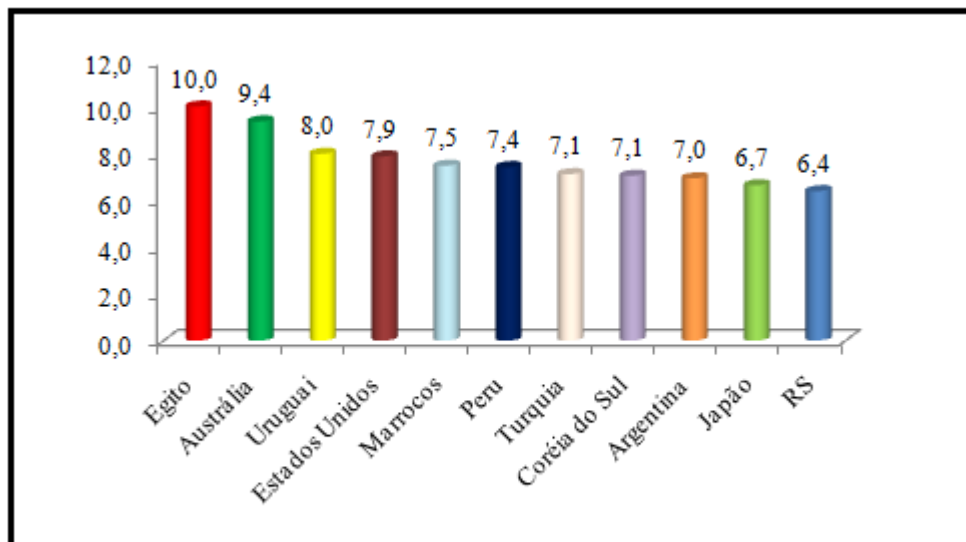


Figura 5 - Dez países com maiores produtividades de arroz na safra 2009/2010
Fonte: USDA(2010). CONAB (2010a).

O aumento da produtividade do arroz no RS se deve a implantação de melhores práticas no cultivo. Estas práticas, fomentadas pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), compreendem a utilização de algumas cultivares, melhores manejos e tecnologias, programas de pesquisa e extensão rural, entre outras.

2.5 CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ NO RS

Batalha (1997, p. 26) cita, entre algumas definições, a de que “cadeia de produção é também um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem, entre todos os estados de transformação, um fluxo de troca, situado de montante a jusante, entre fornecedores e clientes”. Na exposição de Miranda et al. (2007, p. 8), cadeia agroindustrial é definida como “uma seqüência de operações interdependentes que têm por objetivo produzir, modificar e distribuir um produto”. A autora identifica a cadeia agroindustrial do arroz no RS como um conjunto de operações envolvendo a produção, a secagem, a armazenagem, a distribuição, a exportação e importação, além de outros serviços, como, por exemplo, de crédito, transporte ou informação. Dessa forma, tem-se a seguinte representação:

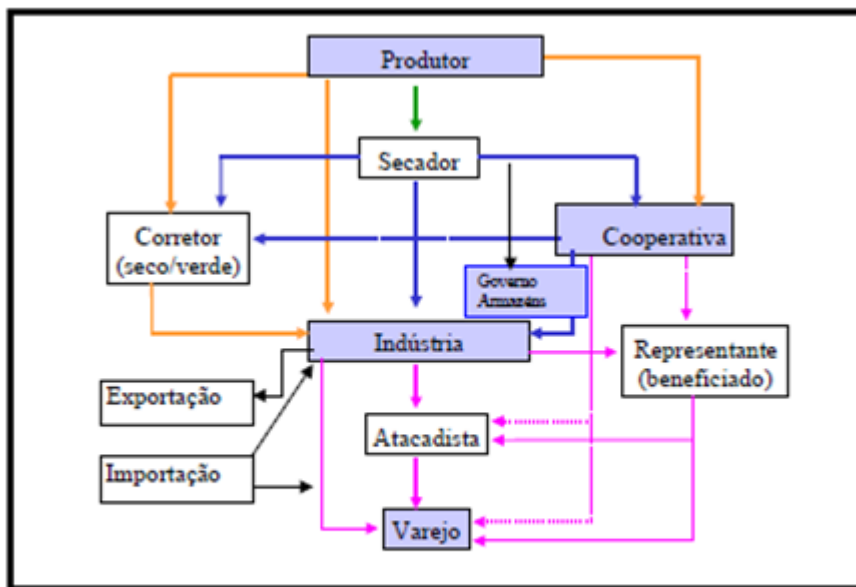


Figura 6 - Cadeia agroindustrial do arroz no RS

Fonte: Miranda (2007, p. 10).

Segundo Miranda (2007, p 12), após a colheita, o arroz pode percorrer os seguintes passos: cooperativa, armazenadora/secadora ou indústria. Assim, o arroz fica armazenado em qualquer um dos destinos citados à espera da comercialização com qualquer empresa. Conforme a autora, quando o produto fica armazenado em alguma indústria

“difícilmente um produtor retira o arroz de uma indústria para vender a outra, pois estaria sujeito a cobrança de custos de armazenagem, e, quando o caso, secagem”.

Referente ao primeiro integrante da cadeia, o produtor, no Censo do IRGA de 2006, o RS contava com 11.960 produtores de arroz. 56,8% do total possuíam experiência em mais de 20 anos de cultivo de arroz. O Censo também constatou que 60,3% da terra utilizada pelos produtores gaúchos eram de forma arrendada e 75,8% dos produtores informaram financiarem suas produções através de recursos de terceiros, onde a principal fonte de financiamento era o Banco de Brasil, 35,4%, seguido das cooperativas 18,1%, conforme IRGA (2006).

Aspecto seguinte a colheita é o processo de armazenagem, podendo ser própria ou terceirizada. Quanto à secagem do grão, 53,8% dos produtores informaram que utilizavam de secagem própria. Miranda (2007) informa que para a venda do cereal, a transação pode se dar de uma forma direta do produtor com a indústria ou por meio de corretores. Com referência às indústrias de beneficiamento de arroz, de acordo com o SINDARROZ (2010), das 50 maiores empresas no RS, dez delas são responsáveis por 51,10% do total de arroz beneficiado no estado.

Salienta-se ainda a importância das cooperativas na cadeia produtiva. Como bem lembra Miranda (2007), as cooperativas participam na comercialização de arroz não só atuando através de armazenagem, secagem, beneficiamento e distribuição do produto, mas também dando suporte ao crédito, compra dos insumos, entre outros serviços.

3 TEORIA RISCO E RETORNO

Os investidores tomam as suas decisões analisando dois fatores: o retorno almejado e o risco envolvido. A concretização, tanto do retorno quanto do risco esperado, está inserida num ambiente de incerteza. Fatores diversos podem influenciar na relação risco e retorno. Neste ambiente, cada investidor toma a sua decisão de maneira que melhor atenda a sua expectativa e a sua satisfação. No presente capítulo serão definidos os conceitos de risco e retorno, bem como as suas mensurações. Estas definições serão úteis para compreender, em capítulos posteriores, como os investidores se utilizam delas para tomarem as suas decisões.

3.1 CONCEITO DE RETORNO

Conforme Gitman (2008), o conceito de retorno de um investimento está associado a ganhos ou a perdas num dado período. A taxa de retorno de um investimento pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$k_t = \frac{C_t + P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (1)$$

Sendo:

k_t = taxa de retorno no período t ;

C_t = fluxo com o investimento no ativo no período $t-1$ a t ;

P_{t-1} = valor do ativo na data $t-1$;

P_t = valor do ativo na data t .

O retorno esperado depende da concretização ou não de um evento. Logo, existe uma distribuição de probabilidades. Para contemplar esta probabilidade, o retorno esperado de um ativo, ou também chamado de retorno médio, pode ser calculado da seguinte forma (GITMAN, 2008):

$$\bar{k} = \sum_{j=1}^n k_j \times Pr_j \quad (2)$$

Sendo:

k_j = valor do retorno na ocorrência j ;

Pr_j = probabilidade da ocorrência j ;

n = de ocorrências consideradas.

3.2 CONCEITO DE RISCO

De acordo com Securato (1996), existe uma dificuldade em se conceituar o risco, uma vez que, em termos de preferências, algo possa ser aceitável para um, mas para outro não. De uma forma geral, na literatura, o risco¹ está associado a uma probabilidade, a um acontecimento negativo. Isto pode ser verificado na seguinte definição dada por Tosta de Sá (1999, p.27): “A noção de risco está sempre associada à possibilidade de perda de alguma coisa. Quanto mais valiosa a coisa e quanto maior a probabilidade de perda, maior o risco”.

Para o cálculo do risco utilizam-se algumas medidas estatísticas de dispersão, como a variância e o desvio-padrão. A variância mede a dispersão, ou seja, a distância em relação a uma média. A fórmula para o cálculo da variância (expressão 3) indica que a soma da variação de cada desvio médio foi elevada ao quadrado e obtida a média de todos estes quadrados.

$$\text{Var} = \sigma^2 = \frac{(k_{j1} - \bar{k}_1)^2 + (k_{j2} - \bar{k}_2)^2 + \dots + (n - \bar{k})^2}{n} = \frac{\sum_{j=1}^n (n - \bar{k})^2}{n} \quad (3)$$

Como o cálculo do risco envolve um evento probabilístico, a possibilidade de uma confirmação ou não do retorno esperado, multiplica-se a variância pela probabilidade:

$$\text{Var} = \sigma^2 = \sum_{j=1}^n (k_j - \bar{k})^2 \times Pr_j \quad (4)$$

¹ Marins (2004) cita seis tipos de riscos: risco operacional, risco de crédito, risco de liquidez, risco legal, risco soberano e risco de mercado.

O resultado da variância, em termos de interpretação, não será na mesma unidade dos dados originais, uma vez que a fórmula contém o expoente “ao quadrado”. Para uniformizar a medida, aplica-se o desvio-padrão, que é representado pela raiz quadrada da variância dos retornos. Logo, o risco de um ativo pode ser determinado pelo desvio-padrão de um valor esperado do retorno (GITMAN, 2008):

$$\text{Var} = \sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^n (k_j - \bar{k})^2 \times Pr_j} \quad (5)$$

Quanto maior é o desvio-padrão, ou seja, a dispersão em relação à média, maior é o risco do retorno esperado.

3.3 RISCO DIVERSIFICÁVEL E RISCO NÃO DIVERSIFICÁVEL

Na literatura financeira, o risco total de um ativo é indicado como sendo a soma do risco diversificável (não sistemático, específico) com o risco não diversificável (sistemático, de mercado). O risco sistemático ou conjuntural é aquele risco oriundo do sistema econômico, político ou social. A conjuntura destes sistemas pode influenciar no desempenho do ativo. Já o risco não sistemático ou próprio é o risco que se restringe apenas ao ativo ou ao subsistema do mesmo. Ele não atinge os outros ativos da carteira. O risco total de uma carteira pode ser limitado através da diversificação, conforme Jorion (2003).

A diversificação possibilita que possíveis perdas sejam atenuadas. Uma carteira que possua apenas um ativo, a variância da carteira será a mesma do ativo. Porém, à medida que se diversifica a carteira, a variância pode ser diluída pelos ativos que a compõem, conforme Brigham (1999).

Para a redução da variância de uma carteira deve-se estar atento aos ativos que está se incluindo. Gitman (2008, p. 194) lembra que “para reduzir o risco geral, é melhor combinar

com a carteira ou adicionar a ela ativos com correlação² negativa (ou baixa correlação positiva). A combinação de ativos com retornos negativamente correlacionados pode reduzir a variabilidade geral dos últimos”. Esta exposição é melhor compreendida na figura 7.

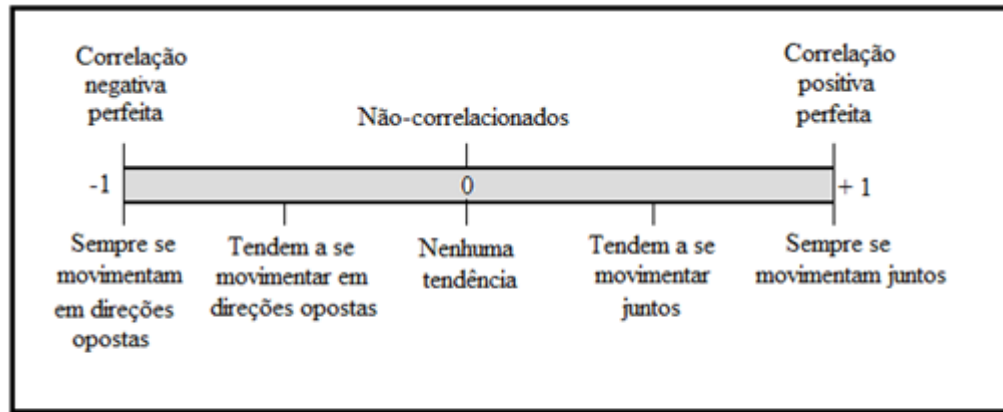


Figura 7 - Níveis de correlação

Fonte: Berk (2008, p.353).

Quando a correlação dos ativos se aproxima de +1, mais correlacionados eles estarão. Logo, se um ativo sofrer uma oscilação, estando os demais o acompanhando, maior será a variância da carteira. Quanto mais perto de -1 for a correlação dos ativos, menos correlacionados eles estarão, diminuindo a variabilidade da carteira. O nível 0 indica que os ativos não estão correlacionados.

3.4 PREFERÊNCIAS DO INVESTIDOR

Na seção 3.5 será abordada a Teoria de Carteiras. Como alguns pressupostos desta teoria são influenciados pelas preferências dos investidores, convém, primeiramente, fazer uma exposição sobre a utilidade do investidor.

² A correlação é uma medida estatística utilizada para se verificar o grau de relação entre duas variáveis (no caso de investimento, ativos). Para avaliar este relacionamento entre duas variáveis, se utiliza como parâmetro do coeficiente de correlação os valores -1 e +1.

3.4.1 UTILIDADE DO INVESTIDOR

A teoria da escolha do consumidor descreve que os consumidores tomam suas decisões através de *tradeoffs*, de acordo com sua restrição orçamentária ou suas preferências de consumo, procurando maximizar sua utilidade. Os investidores, da mesma forma, escolherão investimentos que lhes forneçam maiores retornos. Porém, enquanto na teoria do consumidor as decisões são tomadas em condições de certeza, os investidores farão suas escolhas em condições de incertezas, pois além do retorno esperado, também há a existência do risco, o qual influenciará em suas preferências.

As preferências dos investidores por níveis de retornos esperados podem estar associados a três possíveis comportamentos: aversão, indiferença ou propensão ao risco (figura 8 a, b e c).

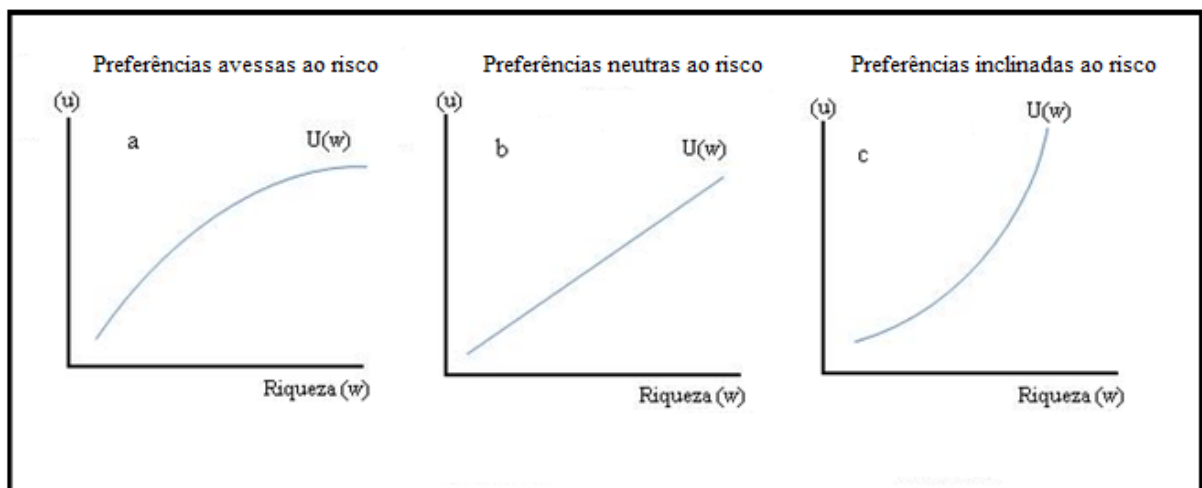


Figura 8 - Curvas de preferências do investidor

Fonte: Eaton (1999, p. 152).

O investidor avesso ao risco exigirá um retorno maior à medida que aumenta o risco (a), porém sua utilidade será decrescente. O investidor neutro é indiferente a variação do risco (b), a utilidade marginal deste investidor é constante, aumentando na mesma proporção da riqueza. O investidor propenso ao risco possui uma utilidade marginal crescente, quanto maior sua disposição em aceitá-lo (c), Eaton (1999).

De acordo com Tosta de Sá (1999), assume-se por convenção a função utilidade quadrática para representar o comportamento dos investidores. Silveira e Barros (2009), a expõe da seguinte maneira:

$$E(U_i) = \mu_p^* - \sigma_p^{2*} b_i \quad (6)$$

Onde:

$E(U_i)$ = utilidade esperada para o investidor;

μ_p^* = retorno esperado ótimo da carteira;

σ_p^{2*} = variância ótima dos retornos da carteira;

b_i = medida de aversão ao risco (quanto maior, mais avesso é o investidor).

De acordo com Tosta de Sá (1999), esta expressão utilizada para a função utilidade deve-se a estudos desenvolvidos por Von Neumann (1953). Neste trabalho, os autores quantificaram a utilidade dos investidores através de observações empíricas de seus comportamentos.

Esta função indica que quanto maior for a riqueza de um indivíduo, maior será a sua utilidade esperada, ou ainda, quanto maior for a variância, menor será a utilidade para o investidor, conforme Varian (1992).

3.5 TEORIA DE CARTEIRAS

Ao desenvolver o trabalho *Portfolio Selection*, Markowitz (1952) criou a base da Teoria de Carteiras utilizada atualmente. Ele explorou a variância do retorno como elemento chave para análise do risco dos retornos, sendo o processo de diversificação de ativos importante para a minimização do risco. Neste capítulo apresentam-se os fundamentos da teoria proposta por Harry Markowitz.

3.5.1 FUNDAMENTOS DA TEORIA DE MARKOWITZ

Inicialmente, Markowitz não se interessava no mercado acionário. Ele não possuía conhecimento sobre o assunto. Seus estudos se davam no campo da programação linear. O envolvimento de Markowitz com o mercado de ações nasce a partir de uma conversa com um corretor de imóveis que lhe pediu que aplicasse modelos de programação linear em situações enfrentadas por investidores acionários. Ao ler a obra “A teoria do valor dos investimentos”, a fim de compreender o mercado de ações, Markowitz ficou “impressionado³ com a noção de que você deveria se interessar pelo risco, além do retorno” (BERNSTEIN, 1997, p. 250).

Salienta-se que esta análise do risco, a qual ganha mais atenção em décadas posteriores, não era vista da mesma forma no início de 1950, época em que Markowitz começa a desenvolver seus estudos. Seus trabalhos sobre o tema lhe tornaram mais conhecido, chegando a ser em 1990 agraciado com o Prêmio Nobel de Ciência Econômica. Ao publicar *Portfolio Selection*, Markowitz objetivava “usar a noção de risco para formar carteiras para investidores que consideram o retorno esperado uma coisa desejável e a variância do retorno uma coisa indesejável” (BERNSTEIN 2000, p. 252).

Tosta de Sá (1999) indica as seguintes considerações como premissas do trabalho de Markowitz:

- a) A análise é efetuada considerando sempre as expectativas geradas para um período adiante - um mês, um semestre, um ano ou qualquer outro período definido inicialmente;
- b) Todos os investidores buscam maximizar a utilidade esperada para o período do investimento e apresentam utilidade marginal decrescente conforme aumenta a riqueza;

³ Tal impressão surgiu ao ler a primeira frase do livro o qual dizia que “nenhum comprador considera todos os papéis igualmente atraentes por seus preços de mercado atuais [...] pelo contrário ele procura o melhor por aquele preço”, Bernstein (1997, p. 250).

- c) Todos os investidores elaboram suas projeções de rentabilidade para os ativos a partir da distribuição de probabilidades para as várias taxas de retorno que podem ser alcançadas no período do investimento;
- d) Os investidores associam risco à variabilidade das taxas de retorno dos ativos em análise: quanto mais variáveis (voláteis) essas taxas de retorno ao longo do tempo, maior o risco do investimento;
- e) Os investidores baseiam suas decisões somente em termos do retorno esperado e do risco do investimento;
- f) Para qualquer nível de risco, os investidores preferem maiores retornos a menores retornos, ou ainda, para qualquer nível de retorno esperado, os investidores preferem menos riscos a mais riscos.

De acordo com a teoria de Markowitz (1952), a diminuição do risco vai depender da correlação e da covariância dos ativos incluídos no portfólio. Tosta de Sá (1999, p. 58) exemplifica da seguinte maneira: sendo os ativos A e B, quanto menor a covariância do retorno destes, menor o risco da carteira. Se os retornos apresentarem covariância negativa, a carteira possuirá risco menor do que a média ponderada do risco de cada ativo, sendo, portanto, a covariância “o grande segredo da diversificação proposta por Markowitz”.

A covariância, portanto, irá medir como os valores se movimentam, variam, em relação ao retorno médio.

Para determinar a covariância de dois ativos, aplica-se a seguinte fórmula:

$$\sigma_{AB} = \frac{\sum (R_A - \bar{R}_A)(R_B - \bar{R}_B)}{N} \quad (7)$$

Sendo:

σ_{AB} = covariância dos ativos A e B;

R_A = retorno do ativo A;

\bar{R}_A = retorno esperado (média ponderada dos retornos) do ativo A;

R_B = retorno do ativo B;

\bar{R}_B = retorno esperado (média ponderada dos retornos) do ativo B;

N = número de observações.

Na seção 3.3, figuras 11 e 12, demonstraram-se que é importante também analisar como os ativos se movimentam um em relação ao outro. Para isto, utiliza-se o cálculo do coeficiente de correlação:

$$\rho_{ab} = \frac{[\sum (R_A - \bar{R}_A)(R_B - \bar{R}_B)] \div N}{\sqrt{\frac{\sum (R_A - \bar{R}_A)^2}{N}} \times \sqrt{\frac{\sum (R_B - \bar{R}_B)^2}{N}}} \quad (8)$$

Sendo:

R_A = retorno do ativo A;

\bar{R}_A = retorno esperado do ativo A;

R_B = retorno do ativo B;

\bar{R}_B = retorno esperado do ativo B;

N = número de observações;

ρ_{ab} = Coeficiente de correlação entre os retornos os ativos A e B.

Estes cálculos da covariância e da correlação serão utilizados para determinar o risco de uma carteira, conforme demonstrações dadas por Tosta de Sá (1999).

Para o cálculo do risco, primeiro, obtém-se o retorno esperado. Para uma carteira composta de dois ativos o retorno esperado será uma média ponderada de ambos, conforme a expressão 9:

$$E(R_P) = X_A \times E(R_A) + X_B \times E(R_B) \quad (9)$$

Onde:

X_A e X_B = percentual do investimento nos ativos A e B.

Determinado o retorno, o risco depende da movimentação dos retornos. Para isto, o risco será uma expressão da soma da covariância dos retornos dos dois ativos:

$$\sigma_p^2 = X_A^2 \sigma_A^2 + X_B^2 \sigma_B^2 + 2 X_A X_B \sigma_{AB} \quad (10)$$

Sendo:

σ_{AB} : expressão da covariância entre os retornos dos dois ativos.

Uma carteira composta por mais de dois ativos, o retorno será uma ponderação média de cada retorno:

$$E(R_p) = X_1 E(R_1) + X_2 E(R_2) + \dots + X_N E(R_N) = \bar{R}_p = \sum_{i=1}^N X_i E(\bar{R}_i) \quad (11)$$

Sendo:

$E(R_p)$ = retorno esperado da carteira;

X_i = percentual da carteira investido no ativo i ;

$E(R_i)$ = retorno esperado do ativo i .

De posse do retorno, o risco de uma carteira de n ativos é dado por:

$$\sigma^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N X_j X_k \sigma_{jk} \text{ para } k \neq j \quad (12)$$

Sendo:

X_{jk} = percentual de cada ativo na carteira;

σ_{jk} = covariância entre o retorno dos ativos.

Apresentado os cálculos de risco e do retorno, pode-se verificar graficamente na figura 9 como o risco de um retorno está sendo influenciado por sua correlação.

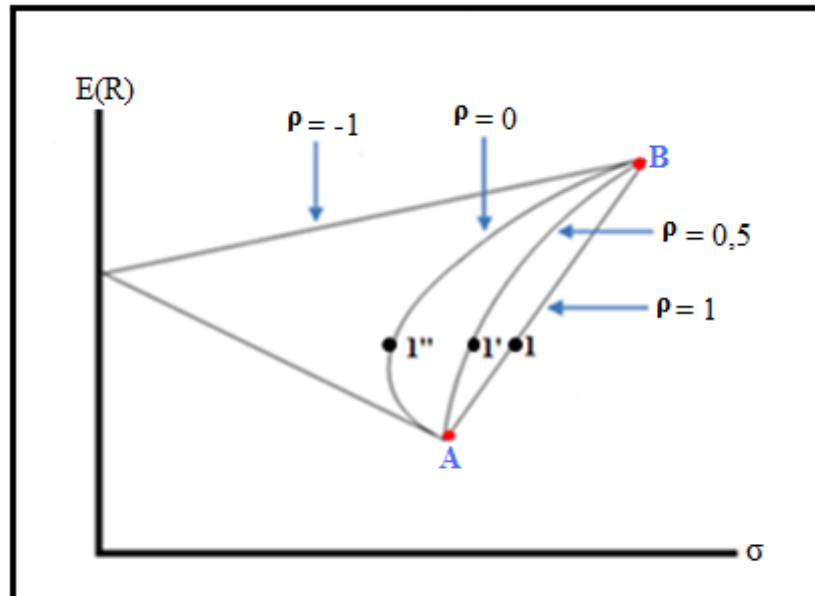


Figura 9 - Curvas de diferentes correlações

Fonte: Adaptado de Ross (2002, p. 217).

Considerando dois ativos, A e B, com possíveis diferentes correlações: -1, 0, 0,5 e +1, para cada coeficiente de correlação há uma curva. À medida que a curva se desloca de 1 até 1'' menor é a correlação, indicando uma inclinação mais a esquerda e um desvio-padrão (σ) menor.

3.5.2 FRONTEIRA EFICIENTE DE MARKOWITZ

A teoria do portfólio visa à composição de uma carteira ótima, a fim de maximizar a utilidade do investidor. Assaf Neto (2005) sintetiza como objetivos da teoria:

- a) Selecionar a carteira que oferece o maior retorno possível para um determinado grau de risco; ou, de forma idêntica;
- b) Selecionar a carteira que produza o menor risco possível para um determinado nível de retorno esperado.

Os objetivos a e b apresentam duas relações condicionais: a maximização do retorno para um dado risco e a minimização do risco para um dado retorno. Para se obter a carteira ótima do investidor, Markowitz (1952) propôs como solução a construção de um algoritmo que pode ser traduzido na seguinte restrição:

Minimizar a variância do retorno da carteira:

$$\sigma_p^2 = X_1^2\sigma_1^2 + X_2^2\sigma_2^2 + X_3^2\sigma_3^2 + \dots + 2X_1X_2\sigma_{12} + 2X_1X_3\sigma_{13} + \dots + \dots = \sigma^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N X_j X_k \sigma_{jk} \quad (13)$$

Sujeito a:

$$E(R_p) = X_1E(R_1) + X_2E(R_2) + \dots + X_NE(R_N) = \bar{R}_p = \sum_{i=1}^N X_i E(\bar{R}_i) \quad (14)$$

Ou

Maximizar o retorno esperado da carteira:

$$E(R_p) = X_1E(R_1) + X_2E(R_2) + \dots + X_NE(R_N) = \bar{R}_p = \sum_{i=1}^N X_i E(\bar{R}_i)$$

Sujeito a:

$$\sigma_p^2 = X_1^2\sigma_1^2 + X_2^2\sigma_2^2 + X_3^2\sigma_3^2 + \dots + 2X_1X_2\sigma_{12} + 2X_1X_3\sigma_{13} + \dots + \dots = \sigma^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N X_j X_k \sigma_{jk}$$

Combinando carteiras que contemplem o menor risco para um dado retorno, os investidores passarão a descartar as demais combinações. Numa demonstração gráfica, estas carteiras escolhidas pelos investidores formarão a chamada fronteira eficiente de Markowitz.

Cada ponto dentro da área sombreada da figura 10 indica uma carteira de ativos com seus respectivos riscos e retornos. Um investidor pode escolher qualquer combinação de risco e retorno. Mas considerando sua racionalidade ele escolherá carteiras que estejam situadas sobre o traçado. À direita da fronteira, as combinações de carteiras têm os mesmos retornos das carteiras situadas no traçado, porém com riscos maiores, como, por exemplo, a carteira D comparada à C. Do ponto B ao ponto A o risco é maior que acima do ponto B e com um retorno menor. Logo, a carteira escolhida pelo investidor estará situada sobre a curva no limite do ponto B ao F. Este intervalo compreende a chamada fronteira eficiente, pois combina o melhor retorno para determinado risco.

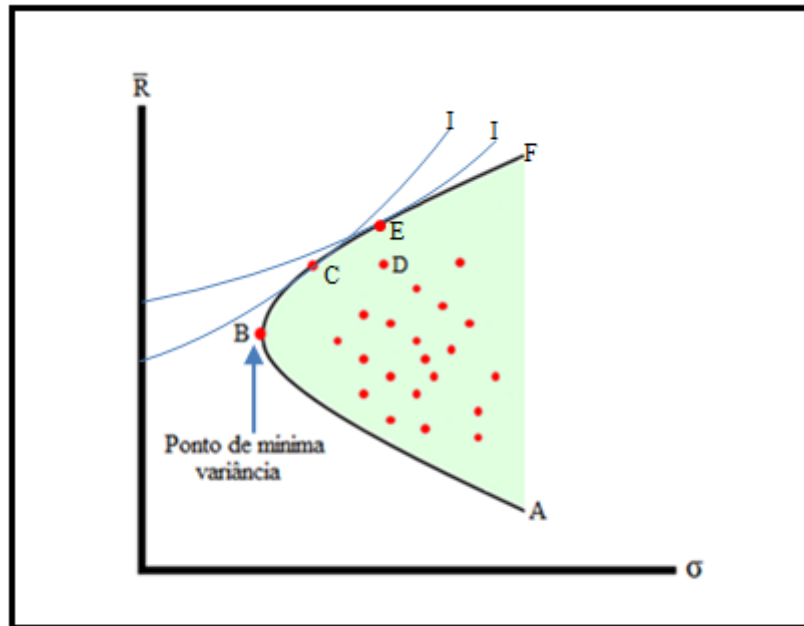


Figura 10 - Fronteira eficiente de Markowitz

Fonte: Haugen (1997, p. 93).

A combinação da carteira que está sob a fronteira eficiente depende da preferência do investidor. A curva de indiferença (I) da figura acima mostra a utilidade para um investidor avesso ou mais propenso ao risco. Se o investidor é mais propenso ao risco ele pode escolher a carteira situada no ponto E, que lhe fornece um maior retorno associado a um risco maior. Àquele com maior aversão ao risco, pode optar pela carteira C. Um investidor que procura atender a restrição das equações 13 e 14, a carteira escolhida será a situada sobre o ponto de mínima variância.

3.6 O MODELO CAPM

Conforme a teoria de carteiras, quanto maior o risco, maior é o retorno esperado pelo investidor. Foi abordado que o risco total é composto de risco diversificável e risco não diversificável. O risco não diversificável não pode ser eliminado completamente de uma carteira, apenas minimizado. Analisando este risco não diversificável é que se desenvolve a teoria do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), criada por Sharpe (1964), Lintner (1965) e

Mossim (1966). Sanvicente (1996) cita como hipóteses⁴ do modelo as seguintes considerações:

- a) Os ativos são perfeitamente divisíveis;
- b) Há um ativo sem risco e os investidores podem comprá-lo e vendê-lo em qualquer quantidade;
- c) Não há custo de transação ou impostos, ou, alternadamente, eles são idênticos para todos os indivíduos.

No modelo de Markowitz (1952), apresentado na seção anterior, o risco era analisado através da correlação dos retornos, o que gera grandes quantidades de covariâncias. A fim de se diminuir os cálculos empregados, o CAPM utiliza um coeficiente de correlação linear (β). Este coeficiente será comparado com um “ativo padrão”, denominado de carteira de mercado (β_M)⁵. Sendo assim, a correlação linear passa a ser examinada comparando-se o retorno de cada ativo com o retorno deste “ativo padrão”, conforme exposto por Securato (1996).

O coeficiente beta do CAPM irá mensurar o risco não diversificável. Trata-se de uma medida de sensibilidade. Ele compara o grau em que o ativo se movimenta com o mercado. O beta é determinado com base nos retornos históricos de um ativo. O mercado, que servirá como comparação aos ativos, possui como padrão $\beta_M = 1,0$.

O beta de um ativo (risco sistemático) é determinado pela seguinte expressão:

$$\beta = \frac{COV_{RJ, RM}}{VAR_{RM}} \quad (15)$$

⁴ Considerando tratar-se de um modelo de risco e retorno, também se aplicam ao CAPM as premissas da Teoria do Portfólio, já apresentadas.

⁵ Segundo Securato (1996, p. 214), uma carteira de mercado “é uma combinação de todos os ativos com risco existentes, em proporções correspondentes aos seus valores de mercado(...). Deve ser formada por todos os ativos de risco da economia”. No caso do Brasil, o índice Bovespa é utilizado como cálculo dos retornos de uma carteira de mercado.

Onde:

COV_{R_j, R_M} representa a covariância dos retornos da ação j e da carteira de mercado;

VAR_{R_M} representa a variância da carteira de mercado.

Para uma carteira, o beta é uma ponderação média de cada ativo:

$$\beta_P = (w_1 \times \beta_1) + (w_2 \times \beta_2) + \dots + (w_n \times \beta_n) = \sum_{j=1}^n w_j \times \beta_j \quad (16)$$

Onde:

β_P = beta da carteira,

w_j = proporção da carteira aplicada em j ;

β_j = beta do ativo j .

Com base no valor igual a 1,0, utilizado como parâmetro de mercado, pode-se fazer a seguinte interpretação para valores de um beta:

$\beta > 1$: O risco não diversificável do ativo tem uma variação maior que o risco da carteira de mercado;

$\beta = 1$: O ativo tem um risco não diversificável igual ao risco do mercado. Esta ação estará flutuando com o mercado;

$\beta < 1$: O risco não diversificável do ativo tem uma variação menor que o risco da carteira de mercado;

$\beta = 0$: Indica uma ação sem risco. A variação do mercado não afeta o ativo.

Uma demonstração gráfica de alguns valores para os betas é dada por Brigham (1999), conforme figura 11. Sejam três ações: A, M e B (representando risco alto, médio e baixo, respectivamente). Num primeiro ano a carteira de mercado (R_M) teve um retorno de 10%. As três ações acompanharam o retorno, se cruzando no ponto x.

No ano seguinte a carteira de mercado teve um retorno de 20%. Com isto, a ação A foi ao retorno de 30%, M ao retorno de 20% e B foi ao retorno de 15%. No próximo ano,

suponha que a carteira de mercado tenha uma queda de 10%. As três ações também acompanharam a queda. Para ação A houve uma queda de -30%, a ação M recuou -10% e ação B 0%. Esta demonstração indica a seguinte compreensão:

- $\beta = 0,5$: a variação da ação é a metade da volatilidade do mercado;
- $\beta = 1$: a variação da ação acompanha o mercado na mesma proporção;
- $\beta = 2$: a ação é duas vezes mais volátil que a variação do mercado.

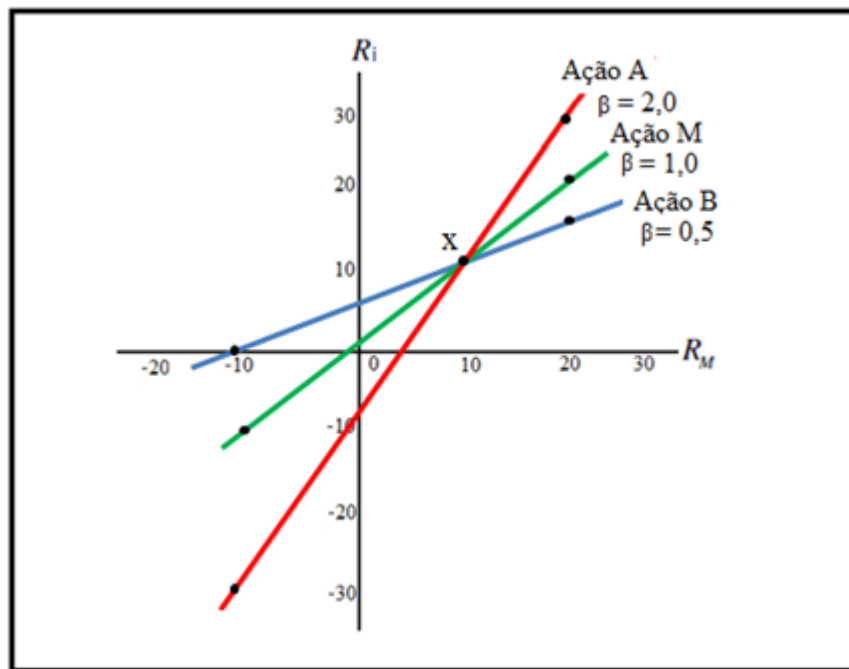


Figura 11. Volatilidade dos betas

Fonte: Brigham (1999, p. 177)

No CAPM, o risco foi identificado pelo beta. Resta determinar o retorno esperado pelos investidores. Brigham (1999) demonstra a solução como:

$$R_i = R_F + (R_M - R_F) \beta_i \quad (17)$$

Onde:

R_i = taxa de retorno esperada do ativo i ;

R_F = taxa de retorno sem risco;

R_M = taxa de retorno de uma carteira de mercado;

β_i = parâmetro, risco sistemático do ativo i .

O termo $(R_M - R_F)$ é também chamado de prêmio de risco sobre o mercado (PR_M). O PR_M indica um retorno adicional superior a taxa livre de risco (R_F) dado ao investidor como uma compensação por ter aceito um nível médio de risco, Brigham (1999).

A expressão 17 também é a equação do CAPM. Na forma gráfica o modelo é representado pela linha de mercado de títulos – SML (*Security Market Line*), exposto na figura 12.

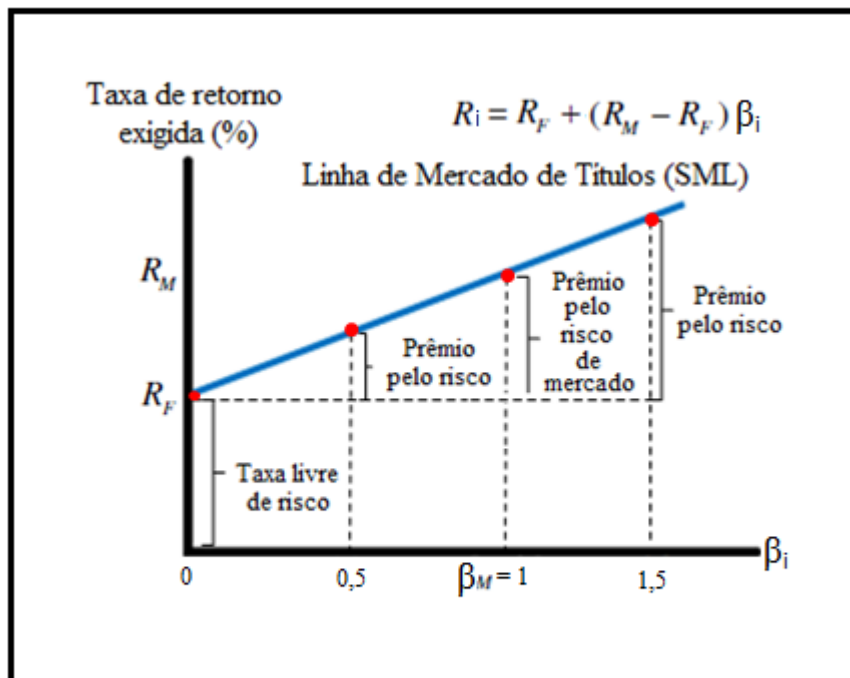


Figura 12 - Reta da SML

Fonte: Adaptado de Brigham (1999, p. 183).

R_F (taxa livre de risco) é o intercepto da SML. Indica um beta igual a zero, ou seja, o título não possui risco. β_M (beta de mercado) é o risco médio do mercado, que indica a taxa de retorno esperada do mercado (R_M). Betas a direita de β_M indicam que o título possui um risco não diversificável maior que o risco do mercado. Betas a esquerda de β_M indicam que o título possui um risco não diversificável menor que o risco de mercado. Quanto maior o beta, maior deverá ser o prêmio de risco exigido.

Identificado o beta, pode-se encontrar a taxa de retorno esperada no gráfico. Sendo o beta um indicador de risco, o investidor adapta a sua carteira de acordo com a sua preferência analisando o beta do ativo. Para um investidor que deseja formar uma carteira com retornos

maiores, basta adicionar ativos com betas maiores. Para um investidor com aversão ao risco, adicionam-se ativos com betas menores.

3.6.1 CRÍTICAS AO CAPM

O CAPM é de fácil compreensão, possibilita ao investidor selecionar carteiras de acordo com suas escolhas de risco e retorno. Embora seja muito utilizado, o modelo é contestado por alguns autores. Isto porque o CAPM é um modelo de risco retorno com variáveis que representam valores pretéritos, assumindo que a variabilidade do futuro será a mesma. Fama e French (2004, 25-26), emitem a seguinte opinião⁶ ao CAPM:

A atratividade o CAPM se situa em sua lógica poderosamente simples e em suas previsões intuitivamente agradáveis sobre como medir o risco e sobre a relação retorno esperado e risco. Infelizmente, talvez por causa de sua simplicidade, os registros empíricos do modelo são pobres – bastante pobres para invalidar a maneira como é usado em suas aplicações práticas – um tour de force teórico. Continuamos a ensinar o CAPM como introdução aos fundamentos da teoria das carteiras e da precificação de ativos (...) mas também advertimos os alunos que, não obstante sua simplicidade sedutora, os problemas empíricos do CAPM provavelmente invalidam seu uso em aplicações práticas.

Bernstein (2008, p. 185) classifica as declarações de Fama e French como “funesta”. Para o autor, algumas dificuldades do modelo podem invalidar algumas aplicações, mas de maneira geral, o modelo tem um poder “espantoso”, estando “efetivamente vivo e vigoroso como ferramenta eficaz de gestão de portfólios, embora de maneira como nenhum de seus criadores jamais teria previsto”.

Esta discussão, em grande parte, deve-se ao coeficiente beta, uma vez que este se utiliza de dados passados para seus cálculos para projetar retornos futuros e o futuro envolve expectativas. Bernstein (2008, p. 102) questiona: “como no mundo medir expectativas, o que exige visão prospectiva, em vez de visão retrospectiva?”. Esta relação, passado e futuro, é vista com cautela pelo próprio Sharpe (2008, p. 103) ao afirmar:

⁶ Conforme Gropelli e Nikbakht (1998, p. 95) estudos empíricos destes autores “indicam que o índice de mercado mostra pouca correlação com os retornos esperados e, portanto, não pode servir como um denominador comum para a determinação do beta”.

Não podemos reduzir a realidade a dogmas da fé. Estou aí há tempo suficiente para ver resultados empíricos que parecem de fato inquestionáveis se esboroarem quando se os aplicam a contexto ou épocas diferentes ou se adotam métodos estatísticos diversos.

Assaf Neto (2005) salienta que estudos referentes ao modelo objetivam aperfeiçoá-lo e não substituí-lo, dada a importância e aceitação que ele possui.

3.7 MODELO DE ELTON E GRUBER

Este modelo foi desenvolvido pelos professores Edwin Elton e Martin Gruber para a construção de uma carteira ótima. De acordo com Tosta de Sá (1999, p. 101-102) o modelo “tem a vantagem de facilitar extraordinariamente os cálculos necessários à montagem de carteiras ótimas e também o entendimento das razões que levam uma ação a pertencer ou não uma carteira”.

O método utiliza uma técnica mais simplificada. Possui como parâmetro o Índice de Atratividade de Treynor⁷. Sua finalidade é indicar que “os retornos esperados de cada ação estão relacionados não entre si, mas sim com o retorno de um índice único representativo do mercado como um todo”. O índice de atratividade do modelo é representado da seguinte forma:

$$IA = \frac{\bar{R}_i - R_F}{\beta_i} \quad (18)$$

Onde:

IA: índice de atratividade

R_i: taxas de retorno esperado do ativo i

R_F: taxa livre de risco

β_i: parâmetro, risco sistemático do ativo i.

⁷ Índice que mensura o excesso de retorno em relação ao risco. “Este índice é o prêmio de risco ganho por unidade de risco assumido, em que o risco é medido em termos do beta, ou seja, o risco sistemático ou de mercado, que não é passível de diversificação”, conforme ANGRAD (2009, p. 15).

Etapa seguinte para a construção da carteira ótima pelo método proposto por Elton e Gruber (1978) é ordenar os ativos em ordem decrescente do (IA) para se delimitar o ponto de corte, ou seja, os ativos que serão excluídos, pois só irão compor a carteira ótima os ativos que possuírem (IA) maiores que o valor máximo observado no ponto de corte. Para N ativos são ordenados N valores de C_i . Destes C_i 's haverá um máximo que servirá de limite, representado por C_5 na figura abaixo (13). Na ilustração o (IA) com valor inferior a C_5 não será considerado na composição da carteira.

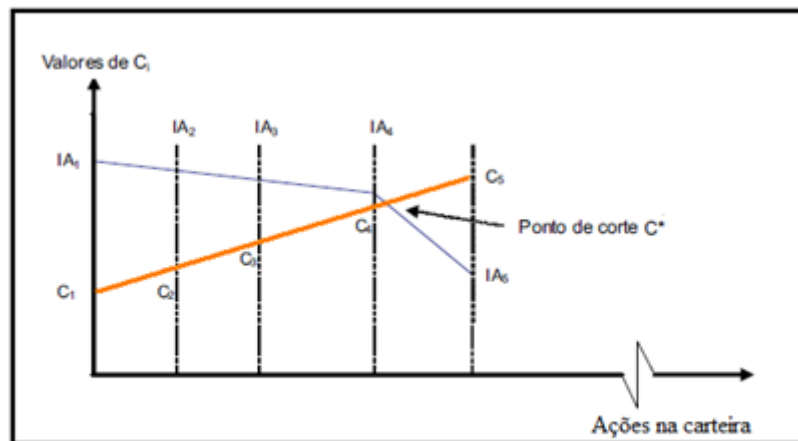


Figura 13 - Índice de Atratividade

Fonte: Tosta de Sá (1999, p. 103).

Para a identificação do valor máximo dos C_i 's primeiro calculam-se valores para cada C_i :

$$C_i = \frac{\sigma_M^2 \sum_{i=1}^n \frac{\bar{R}_i - R_F}{\sigma_{e_i}^2} \beta_i}{1 + \sigma_M^2 \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i^2}{\sigma_{e_i}^2}} \quad (19)$$

Onde:

C_i : ponto de corte do ativo i

σ_M^2 : variância das taxas de retorno do mercado

$\sigma_{e_i}^2$: variância do risco diversificável

β_i : coeficiente beta do ativo i

R_i : retorno esperado do ativo i

R_F : retorno livre de risco.

O próximo passo é calcular a proporção de cada ativo na carteira. Primeiro determina-se os valores para Z dos ativos, através da seguinte expressão:

$$Z_i = \frac{\beta_i}{\sigma_{e_i}^2} \left[\frac{\bar{R}_i - R_F}{\beta_i} - C^* \right] \quad (20)$$

Posteriormente, o percentual (Z_i) será definido pela relação:

$$X_i = \frac{Z_i}{\sum Z_i} \quad (21)$$

Por fim, se pode identificar qual é o retorno, o beta e o risco da carteira ótima. As expressões utilizadas são as seguintes:

$$\bar{R}_p = X_1 \bar{R}_1 + X_2 \bar{R}_2 + X_3 \bar{R}_3 + \dots + X_N \bar{R}_N \quad (22)$$

$$\beta_p = X_1 * \beta_1 + X_2 * \beta_2 + X_3 * \beta_3 + \dots + X_N * \beta_N \quad (23)$$

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 * \sigma_M^2 + X_1^2 * \sigma_1^2 + X_2^2 * \sigma_2^2 + \dots + X_N^2 * \sigma_N^2 \quad (24)$$

Demonstrado o referencial teórico utilizado no trabalho, o próximo capítulo descreve a metodologia utilizada no estudo.

4 METODOLOGIA

As etapas metodológicas para a construção da carteira otimizada seguiram os seguintes passos:

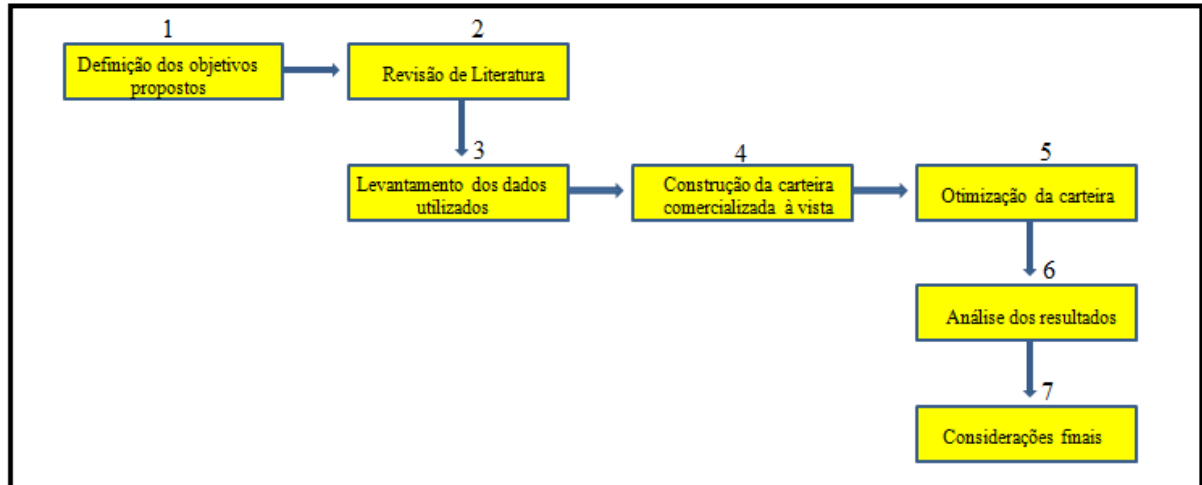


Figura 14 - Etapas do trabalho

Fonte: Elaboração própria.

A primeira e a segunda etapa já foram apresentadas no trabalho. O objetivo deste capítulo é descrever o método utilizado nas etapas 3, 4 e 5.

4.1 LEVANTAMENTOS DOS DADOS UTILIZADOS

Os dados utilizados no presente trabalho, bem como as suas respectivas fontes, para a análise dos ativos foram os seguintes: preços pagos ao produtor de arroz do Rio Grande do Sul para uma saca de 50 kg (Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA), taxa de inflação indicada pelo IGPD-I (Fundação Getúlio Vargas - FGV), taxa do CDI (Banco Central do Brasil - BACEN), taxa SELIC (Banco Central do Brasil - BACEN), custo de armazenagem do arroz (Companhia Estadual de Silos e Armazéns do RS – CESA).

Os dados levantados compreenderam o período de março de 1995 a fevereiro de 2010, sendo observado um total de 180 meses.

4.2 CONSTRUÇÃO DA CARTEIRA COMERCIALIZADA À VISTA

Na quarta etapa se delimitou os ativos que formaram a carteira à vista. Para isto, adotou-se a mesma metodologia empregada por Barabach (2009), o qual estudou alternativas de negociação do café baseado na teoria de risco e retorno. Seu estudo compreendeu transformar cada mês de comercialização do café em um ativo. Desta forma, considerando que a comercialização possa ser efetuada em qualquer mês do ano, uma carteira possuirá até 12 ativos. Logo, em um ano, sem considerar possíveis combinações entre os ativos, pode-se obter 12 taxas de retorno.

Seguindo o mesmo método, o cálculo do retorno e do risco considerou períodos de 12 meses, que iniciam sempre em março, mês do início da colheita. Os ativos foram denominados da seguinte maneira: S_0 (março), S_{+1} (abril), S_{+2} (maio), S_{+3} (junho), S_{+4} (julho), S_{+5} (agosto), S_{+6} (setembro), S_{+7} (outubro), S_{+8} (novembro), S_{+9} (dezembro), S_{+10} (janeiro) e S_{+11} (fevereiro).

O retorno foi obtido da seguinte maneira:

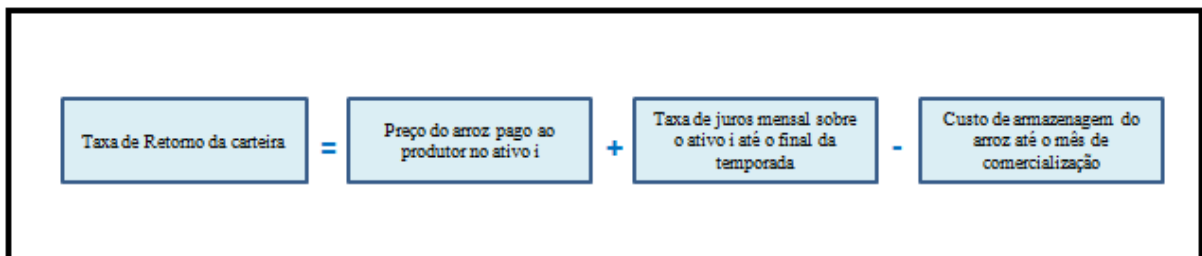


Figura 15 - Determinação da taxa de retorno

Fonte: Adaptado de Barabach (2009).

Assim, o retorno do ativo S_{+6} , por exemplo, corresponde ao valor recebido pelo produtor referente a venda de uma saca de 50 kg de arroz no mês de setembro, aplicado a taxa CDI(95%) acumulada até o final da temporada (fevereiro), menos o custo de armazenagem, que totaliza do mês de colheita (março) até o mês de comercialização(neste exemplo, setembro). Para o cálculo do risco, se aplicou as fórmulas estatísticas de variância e desvio-padrão.

4.3 OTIMIZAÇÃO DA CARTEIRA

Obtido os resultados de retorno e risco dos ativos da carteira à vista, aplicou-se o programa Solver para otimização dos resultados, de acordo com a teoria de Markowitz (1952). Andrade (2002) cita sete passos para seguir num modelo de otimização. Estes passos foram adaptados para se utilizar no presente trabalho, no caso da teoria de Markowitz (1952):

- a) **Definição do problema:** o objetivo é descobrir o ativo, ou seja, o período de comercialização que maximize o retorno e minimize o seu risco.
- b) **Identificação das variáveis relevantes:** preços pagos aos produtores, custo de armazenagem, taxa CDI.
- c) **Formulação da função-objetivo:** indicação do objetivo que se pretende otimizar, pode ser a maximização do retorno ou a minimização da variância.
- d) **Formulação das restrições:** indicar na forma matemática as restrições do modelo.

1ª restrição: a soma dos ativos deve ser igual a 1, indicando que os percentuais de cada ativo deve ser igual a 100%.

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1$$

2ª restrição: cada participação de retorno do ativo deve ser maior ou igual a zero:

$$X_i \geq 0$$

3ª restrição: Minimizar a variância para cada retorno indicado.

$$(\text{VAR}_{\text{MÍN.}}) \text{ de } (R_i)$$

- e) **Escolha do modelo matemático de solução:** Compreende o método matemático pelo qual o modelo solucionará o problema definido. Construção de fórmulas que serão aplicadas no modelo. Neste trabalho, utilizaram-se multiplicações das matrizes dos retornos e das covariâncias

- f) **Aplicação do método de solução:** Construída a formulação, o modelo processa o cálculo da solução solicitada.

- g) **Avaliação da solução:** Análise da solução indicada pelo modelo.

A fronteira eficiente de Markowitz (1952) foi construída através da minimização da variância dos retornos pelo aplicativo Solver. Os retornos utilizados foram estabelecidos dentro de um intervalo, tendo como extremos o mínimo e o máximo retorno observados na carteira à vista, totalizando 50 carteiras otimizadas.

Após a otimização pelo método de Markowitz (1952), também se analisou os retornos e o riscos dos ativos da carteira à vista utilizando o CAPM. Para identificar o retorno dos ativos e seus betas foram empregadas as fórmulas apresentadas nas expressões 15 e 17, expostas na seção 4.3. Salienta-se que no CAPM se utilizou como taxa de retorno sem risco (R_F) a média mensal para o período de 15 anos da taxa SELIC, que foi de 1,58%. A taxa empregada para o retorno de mercado (R_M) foi a rentabilidade média observada na carteira à vista, 5,78%.

Por fim, este trabalho também analisou o risco e o retorno dos ativos aplicando a otimização proposta pelo modelo de Elton e Gruber (1978), conforme expressões 18 a 24.

5 RESULTADOS

Na construção dos retornos médios de cada ativo da carteira à vista, observou-se o retorno médio mensal e a variância de cada um dos 12 ativos, no período de 1995 a 2010. O maior retorno foi obtido no ativo S_{+8} (comercialização de 100% da produção de arroz no mês de novembro) aplicando o valor recebido à taxa CDI até o final da temporada, já descontado o custo de armazenagem. O mês de novembro está no período de entressafra do arroz, onde há melhores preços pagos aos produtores. A comercialização neste período também incorre ao maior risco observado.

Tabela 2 - Retorno e risco médio dos ativos, em %

Ativo	Retorno	Risco
S_0	8,70	8,30
S_{-1}	5,49	9,98
S_{-2}	7,70	19,91
S_{-3}	4,44	19,94
S_{-4}	6,71	17,94
S_{-5}	6,24	19,47
S_{-6}	8,05	22,43
S_{-7}	10,26	25,36
S_{-8}	10,55	26,16
S_{-9}	8,95	25,03
S_{-10}	8,40	23,96
S_{-11}	2,04	21,51
Média	5,78	20,00

Fonte: Elaboração própria.

O ativo S_{+11} (fevereiro) apresentou um elevado risco para um baixo retorno. Há uma grande volatilidade no mercado devido a expectativa do início da próxima colheita. O baixo retorno também se associa ao fato de que se a comercialização for efetuada neste mês ela deverá descontar o custo de armazenagem para onze meses e obter uma remuneração da taxa de juros para apenas um mês.

No período de colheita (março, abril e maio), em que há grande oferta, a tendência é haver queda nos preços pagos aos produtores, conforme se observa na figura 16 os preços médios no período de 1995 a 2010.

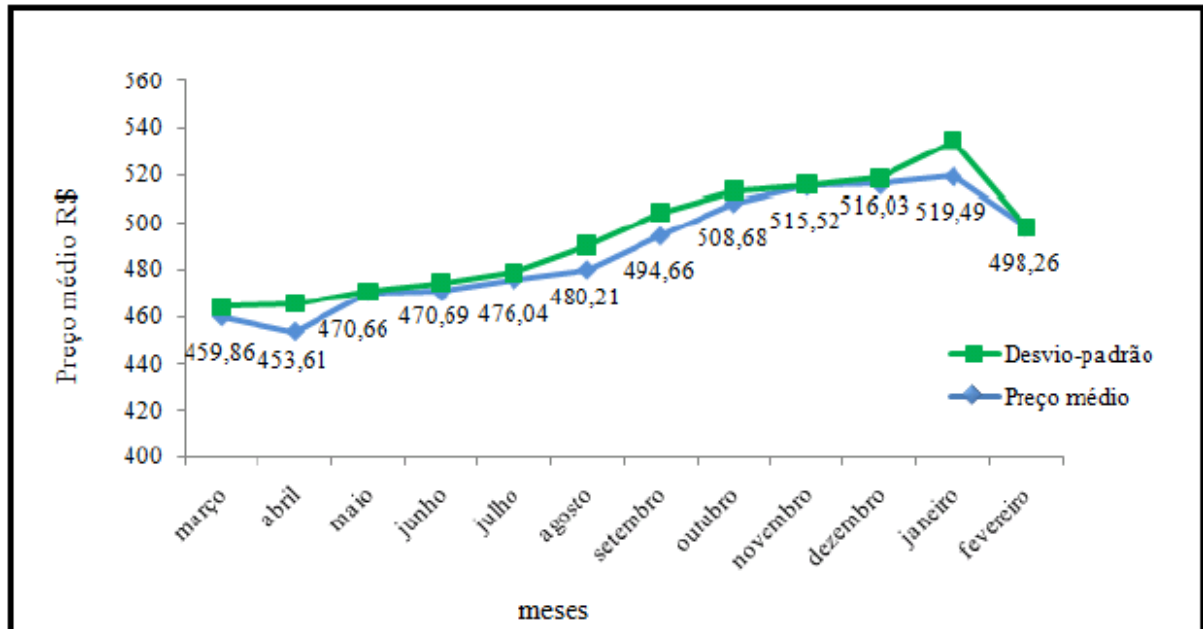


Figura 16 - Preços médios de 1995 a 2010 para a saca de 50kg do arroz - valores em R\$ atualizados ao mês de fevereiro de 2010 pelo IGPDI

Fonte: IRGA (2010b).

Embora março seja um mês em que os preços pagos aos produtores estão baixos, a venda de 100% neste mês e aplicado o seu valor à taxa de juros teve uma rentabilidade atrativa, se comparada com as opções de comercialização e aplicação do valor à taxa CDI entre os meses de abril a setembro e janeiro e fevereiro. A comercialização em março possuiu, ainda, o menor risco.

5.1. FRONTEIRA EFICIENTE

A partir dos dados de retorno e risco da carteira à vista, foi possível otimizar os resultados, obtendo assim, a fronteira eficiente proposta por Markowitz (1952).

Com os retornos médios de 1995 a 2010 dos 12 ativos, se construíram as matrizes de covariância e correlação. Para isto, se utilizou o aplicativo Solver do Excel para obtenção dos resultados otimizados.

Na fronteira eficiente teorizada por Markowitz (1952) haverá uma combinação de risco e retorno denominada de mínima variância. Fora deste ponto não se poderá aumentar o retorno sem aumentar o risco, ou ainda, diminuir o risco sem que haja redução do retorno. A fronteira eficiente das carteiras otimizadas apresentou os seguintes resultados para retorno e risco:

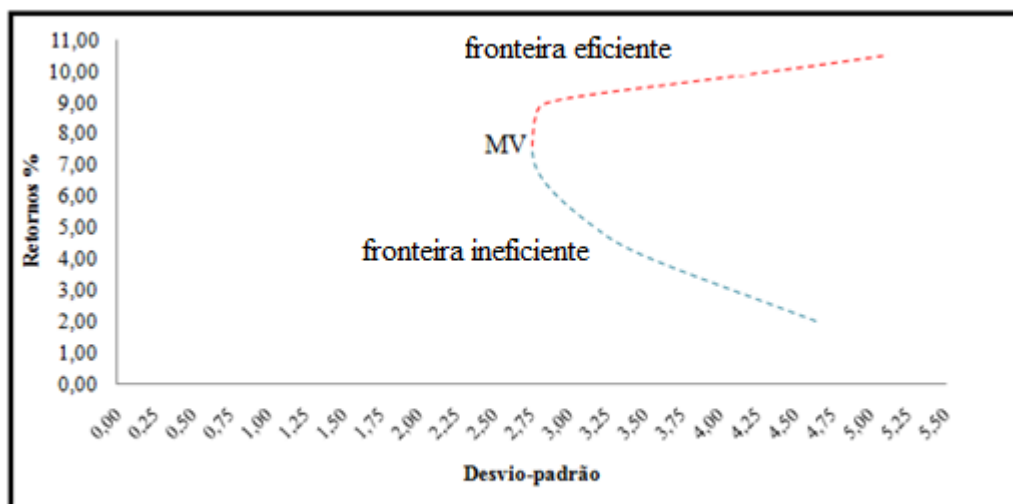


Figura 17- Fronteira eficiente das carteiras otimizadas

Fonte: Elaboração própria.

Observando a figura 17, conclui-se que:

- O ponto destacado de MV possui a mínima variância, carteira de maior retorno para o menor risco. A partir daí se tem a fronteira eficiente;
- Embora as composições tenham indicado qual foi a melhor relação risco e retorno, o produtor também pode escolher a sua carteira ótima, de acordo com as suas preferências. Ele poderá se deslocar na fronteira optando por níveis de risco ou retorno dentre diversas combinações possíveis;

- O produtor mais avesso ao risco deve optar por carteiras mais a esquerda da curva. Àqueles que desejam retornos maiores, o que também gera riscos maiores, o deslocamento se dará a direita na curva;
- As carteiras que estão abaixo do ponto de mínima variância são chamadas de carteiras ineficientes e devem ser descartadas. Não seria racional optar por combinações que gerassem riscos maiores que a mínima variância, associados a retornos também menores.

A combinação de mínima variância foi obtida na carteira de número 34 (quadro 1), fornecendo um retorno de 7,77% para um desvio-padrão de 7,61. Esta carteira indicou que 71,9% da comercialização de arroz deve ser feita no mês de março, 20,5% no mês de abril e o restante, 7,6%, distribuído em outros meses (figura 18). Esta comercialização de arroz distribuída entre os meses de março e abril, período que por ser época da safra conta com preços mais baixos, deve-se ao fato de que estes meses contam com uma baixa variância nos preços, com isto, um risco menor. Os preços baixos acabam sendo compensados pela aplicação do valor a taxa CDI.

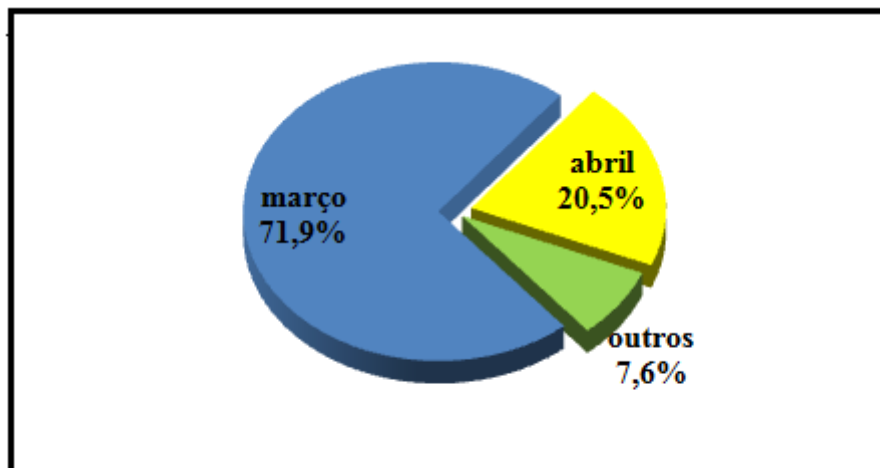


Figura 18 - Composição da carteira de mínima variância

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 1 mostra o resultado da distribuição da comercialização com seus retornos e riscos para as 50 carteiras otimizadas.

Quadro 1 – Composição das carteiras otimizadas

Carteira	S ₀	S ₊₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁	retorno	risco
1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	2,04	21,51
2	0,0%	5,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	2,21	20,61
3	0,0%	10,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	89,8%	2,39	19,75
4	0,0%	15,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	84,8%	2,56	18,90
5	0,0%	20,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	79,8%	2,73	18,07
6	0,0%	25,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	74,8%	2,91	17,25
7	0,0%	30,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	69,7%	3,08	16,44
8	0,0%	35,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	64,7%	3,26	15,67
9	0,0%	40,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	59,7%	3,43	14,92
10	0,0%	45,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	54,7%	3,60	14,20
11	0,0%	50,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	49,7%	3,78	13,51
12	0,0%	55,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	44,6%	3,95	12,86
13	0,0%	60,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	39,6%	4,12	12,26
14	0,0%	65,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	34,6%	4,30	11,70
15	0,0%	70,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	29,6%	4,47	11,22
16	0,0%	75,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	24,6%	4,65	10,80
17	1,2%	78,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,7%	4,82	10,45
18	5,7%	74,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	19,8%	4,99	10,13
19	10,2%	70,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	19,0%	5,17	9,83
20	14,7%	67,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,2%	5,34	9,54
21	19,3%	63,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,3%	5,51	9,27
22	23,8%	59,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	16,5%	5,69	9,01
23	28,3%	56,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,7%	5,86	8,76
24	32,8%	52,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,8%	6,03	8,54
25	37,3%	48,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,0%	6,21	8,34
26	41,8%	45,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,2%	6,38	8,16
27	46,4%	41,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,3%	6,56	8,00
28	50,9%	37,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,5%	6,73	7,87
29	55,4%	34,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,7%	6,90	7,76
30	59,9%	30,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,8%	7,08	7,68
31	64,4%	26,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,0%	7,25	7,63
32	68,9%	22,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,2%	7,42	7,61
33	70,6%	21,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	6,6%	7,60	7,61
34	71,9%	20,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	4,9%	7,77	7,61
35	73,2%	19,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	3,0%	0,0%	0,0%	3,2%	7,94	7,62
36	74,6%	18,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	4,0%	0,0%	0,0%	1,6%	8,12	7,63
37	75,9%	16,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	8,29	7,65

Continua.

Continuação.

38	75,9%	16,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	8,47	7,68
39	83,6%	6,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,7%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%	8,64	7,74
40	87,4%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	3,6%	0,0%	0,0%	0,0%	8,81	7,81
41	84,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,3%	0,0%	0,0%	0,0%	8,99	8,02
42	75,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	24,8%	0,0%	0,0%	0,0%	9,16	8,90
43	65,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	34,2%	0,0%	0,0%	0,0%	9,33	10,38
44	56,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	43,6%	0,0%	0,0%	0,0%	9,51	12,24
45	47,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	53,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,68	14,33
46	37,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	62,5%	0,0%	0,0%	0,0%	9,86	16,57
47	28,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	71,9%	0,0%	0,0%	0,0%	10,03	18,90
48	18,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	81,3%	0,0%	0,0%	0,0%	10,20	21,29
49	9,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	90,7%	0,0%	0,0%	0,0%	10,38	23,73
50									100,0%				10,55	26,16

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados otimizados no quadro 1, pode-se fazer as seguintes comparações com a opção de se comercializar 100% do arroz em único ativo:

- Para uma comercialização de 100% nos meses de fevereiro, abril, maio, junho, julho e agosto o retorno é inferior ao ponto de mínima variância, portanto devendo ser estas alternativas descartadas.
- As demais opções de venda à vista, ou seja, comercializar 100% do arroz nos meses de março, setembro, outubro, novembro, dezembro ou janeiro podem ser melhoradas. De acordo com a preferência por risco e retorno, o produtor pode escolher as proporções de venda sugeridas nas carteiras 34 até 50.

As taxas de retornos e riscos escolhidas pelos produtores, a partir da carteira de mínima variância, passa pela proporção de arroz que será comercializada no primeiro mês da safra, ou seja, março. Isto pode ser observado na figura 19.

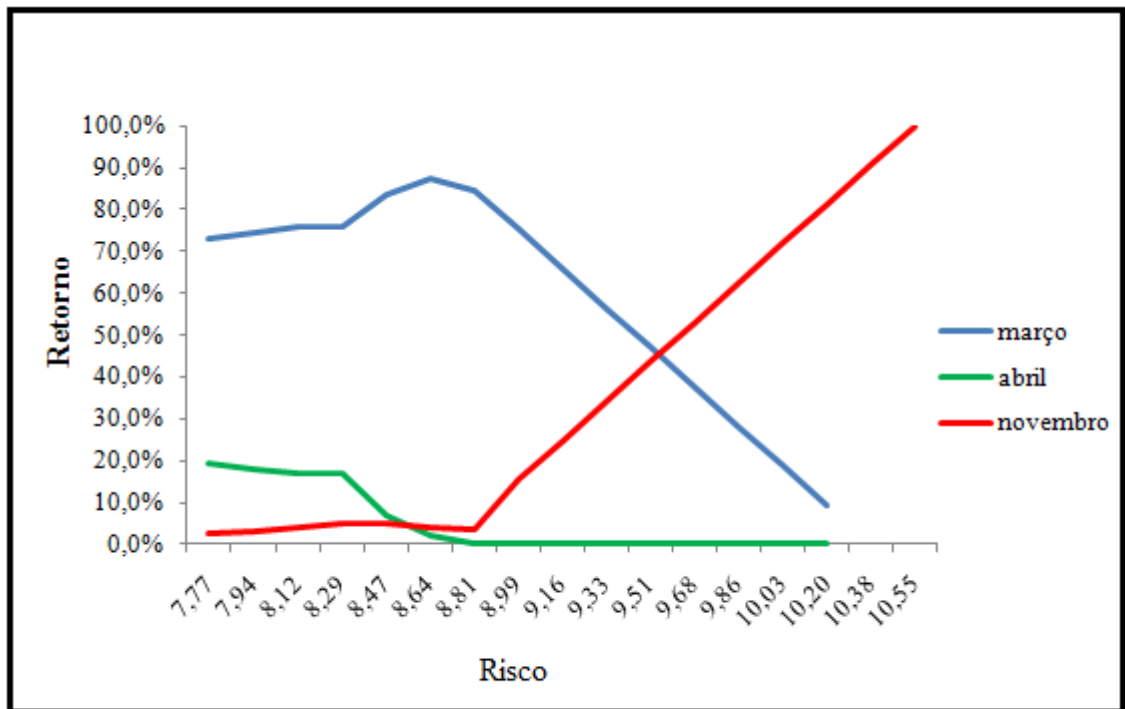


Figura 19 - Distribuição da comercialização a partir da mínima variância
Fonte: Elaboração própria.

A figura 19 demonstra as seguintes compreensões:

- Para todas as carteiras da fronteira eficiente, parte da produção deve ser comercializada no primeiro mês, ou seja, março. Este mês possui uma rentabilidade atrativa e o menor risco.
- O mês de abril aparece como parceiro do mês de março para minimizar o risco, pois ele tem a segunda menor variância. Mas à medida que o retorno e o risco aumentam, as quantidades de arroz comercializadas nestes meses diminuem, se deslocando inteiramente para o mês de novembro. Este mês está na entressafra, período de melhores preços pagos aos produtores.
- No deslocamento da comercialização do mês de março para o mês de novembro aumenta não só o retorno, mas também o risco. O produtor deve estar atento que quanto maior for a proporção direcionada para esta alternativa maior também será o

seu risco. O mês de novembro, geralmente, é marcado por uma grande volatilidade nos preços devido as expectativas das colheitas nos países asiáticos.

Antes de finalizar as análises dos resultados obtidos para o modelo de Markowitz (1952), dois exercícios são apresentados: (1) análise de risco e retorno para as estratégias utilizadas pelos produtores de arroz no RS e (2) análise das carteiras ótimas para um produtor hipotético cuja função utilidade seja àquela proposta por Von Neumann (1953).

Como mencionado no capítulo 2, não existe estatística oficial que indique quais as proporções exatas de comercialização do arroz em cada mês, por parte dos produtores. Porém, de acordo com Barata (2010),⁸ estima-se que 70% da safra seja comercializada nos meses de colheita (de março a maio).

Com base nesta estimativa, simulou-se 29 cenários de comercialização. Se poderia construir numerosas combinações. Para fins didáticos, se optou por dividir a comercialização em dois ativos. Além dos 70% que é vendido de imediato, se indicou que os 30% restante fosse vendido em uma única vez. Desta forma, se obteve o risco e o retorno para 70% de arroz comercializado nos meses de colheita e para os 30% comercializado nos meses de entressafra (junho a fevereiro), conforme exposto no quadro 2:

Quadro 2 – Retorno e risco da comercialização real

1	S0	S+1	S+2	S+3	S+4	S+5	S+6	S+7	S+8	S+9	S+10	S+11	Retorno %	DP	Variância
2	70%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7,43	9,411	88,558
3	70%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8,11	8,870	78,673
4	70%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7,97	9,105	82,899
5	70%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	8,51	9,392	88,217
6	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	9,17	9,473	89,741
7	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	9,26	9,664	93,391
8	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	8,78	9,830	96,624
9	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	8,61	9,380	87,986
10	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	6,70	8,769	76,895

Continua.

⁸ Entrevista realizada com Tiago Barata no IRGA, técnico do Instituto, no dia 13/04/2010. Questionamento acerca das proporções de arroz comercializadas durante o ano civil.

Continuação.

11	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,16	12,591	158,527
12	0%	70%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5,18	12,493	156,081
13	0%	70%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5,86	11,659	135,940
14	0%	70%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5,72	11,932	142,367
15	0%	70%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	6,26	12,196	148,731
16	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	6,92	12,246	149,961
17	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	7,01	12,253	150,137
18	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	6,53	12,095	146,296
19	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	6,37	11,686	136,553
20	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	4,46	11,254	126,660
21	0%	0%	70%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6,73	19,584	383,530
22	0%	0%	70%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7,41	18,913	357,689
23	0%	0%	70%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7,27	19,242	370,252
24	0%	0%	70%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	7,81	19,720	388,885
25	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	0%	8,47	19,835	393,428
26	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	0%	8,56	19,585	383,567
27	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	0%	8,08	19,230	369,810
28	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	0%	7,91	18,880	356,443
29	0%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	6,00	18,583	345,322

Fonte: Elaboração própria.

Observando este exercício verifica-se que:

- Os maiores retornos indicados no quadro 2 foram para 70% da comercialização de arroz no ativo S_{+0} (março) e os 30% restante no ativo S_{+8} (novembro).
- O produtor que comercializar 70% de seu arroz fora do mês de março e os 30% restante fora do mês de novembro está obtendo retornos menores do que o maior retorno verificado nesta simulação, que foi de 9,26%.
- Se considerar que 70% da produção seja comercializada nos meses de colheita e procurar nas carteiras otimizadas do quadro 1 qual alternativa se aproximaria destes 70%, verifica-se que a carteira de número 42 é a única na fronteira eficiente em que há aproximação. Esta carteira fornece um retorno de 9,16% e um desvio-padrão de 8,90.

Retomando a função utilidade exposta na seção 3.4.1 e utilizando a fronteira eficiente da comercialização do arroz, pode-se fazer uma visualização do ponto da curva onde ocorre a máxima utilidade para dez betas utilizados (de 0,01 a 1). Neste exercício, as carteiras que maximizariam a utilidade do produtor foram identificadas como as de número 40, 41 e 42 (quadro 3).

Quadro 3 – Maximização da utilidade

Betas	Retorno %	Carteira	Desvio-padrão	Composição dos ativos %			
				S0	S+1	S+7	S+8
0,01	9,16	42	8,9	75,2	-	-	24,8
0,02	8,99	41	8	84,6	-	-	15,4
0,03	8,99	41	8	84,6	-	-	15,4
0,04	8,99	41	8	84,6	-	-	15,4
0,05	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6
0,06	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6
0,07	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6
0,08	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6
0,09	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6
0,1	8,81	40	7,8	87,4	2	7	3,6

Fonte: Elaboração própria.

Com base nos retornos identificados através da expressão da utilidade, para estes betas os produtores estariam maximizando sua utilidade nos seguintes pontos da fronteira eficiente:

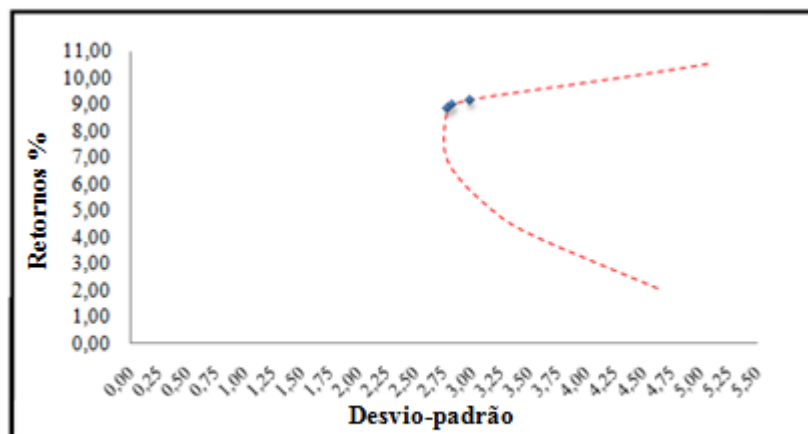


Figura 20 - Simulação da maximização da utilidade do produtor

Fonte: Elaboração própria.

Salienta-se, novamente, que o quadro 3 e a figura 20 tratam-se de um exercício para uma observação hipotética da maximização da utilidade do produtor de arroz.

5.2 ANÁLISE COM O MÉTODO DO CAPM

No CAPM o beta é o parâmetro utilizado para estimar a variação do risco sistemático de um ativo ou de uma carteira. Portanto, a primeira análise do risco e retorno pelo método CAPM foi identificar os betas (β) dos 12 ativos da carteira à vista, conforme cálculo apresentado na expressão 15. A partir do beta, o CAPM indica qual deve ser a taxa de retorno esperada, com isto, pode-se avaliar o desempenho de cada ativo no mercado.

Assim como para níveis de riscos maiores se exige retornos maiores, a relação para o beta é a mesma. Os 12 ativos da carteira de venda à vista possuíram betas compreendidos de 0,0812 a 1,3718 (quadro 4), ou seja, podendo ser tanto defensivos (menores que 1) como agressivos (maiores que 1). O beta pode servir como parâmetro para decisões de acordo com o comportamento do produtor em relação ao risco. Os produtores mais avessos ao risco deverão optar por betas mais próximos a zero, comercializando o arroz no mês de março. Para os betas menores que a unidade, quando o retorno de mercado sofrer variação, os ativos terão uma oscilação menor do que a variação do mercado.

Quadro 4 – Betas dos 12 ativos da carteira à vista

Carteira	Beta	Carteira	Beta
S ₀	0,0812	S ₊₆	1,2478
S ₊₁	0,3723	S ₊₇	1,3581
S ₊₂	0,9354	S ₊₈	1,3718
S ₊₃	0,9389	S ₊₉	1,3177
S ₊₄	0,9540	S ₊₁₀	1,2371
S ₊₅	1,0742	S ₊₁₁	1,1114

Fonte: Elaboração própria.

Já os produtores mais propensos ao risco podem optar por betas acima da unidade, comercializando o seu arroz a partir do mês de agosto. O maior beta esteve associado ao mês de novembro (S₊₈). Lembrando que o beta trata-se de uma medida de sensibilidade, o produtor que comercializar neste mês (cujo beta foi de 1,3718) poderá ter uma variação em sua rentabilidade, para mais ou para menos, de 37,18% em relação a variação do retorno médio verificado no mercado. Sendo assim, o período de comercialização de arroz que possuir betas acima da unidade, de agosto a fevereiro, possuirá retornos com variação proporcionalmente

maior (seja de forma positiva ou negativa) que a registrada no mercado, aspecto relevante para o produtor levar em consideração em sua tomada de decisão.

Os pontos que estão sobre a reta da SML (figura 21) são as taxas que o modelo indicou que devem ser requeridas no mercado.

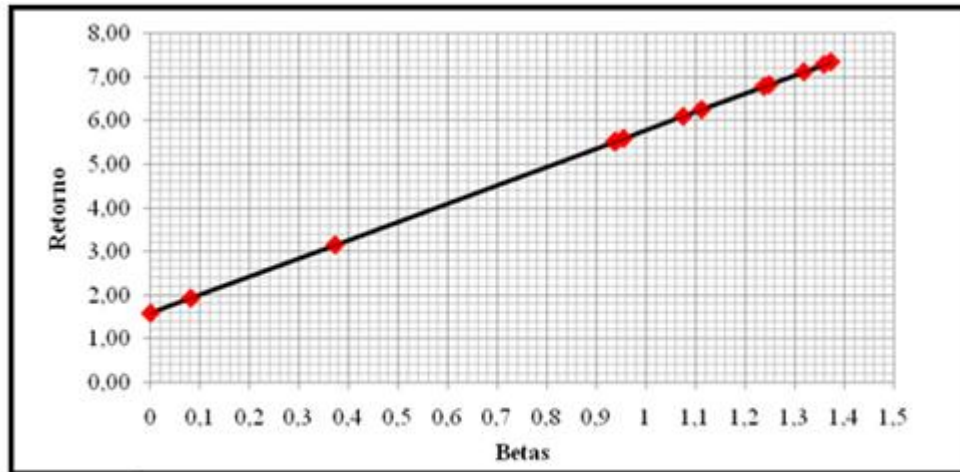


Figura 21 - Reto da SML para os ativos da carteira à vista

Fonte: Elaboração própria.

Estas taxas requeridas podem ser comparadas com as taxas que o mercado está oferecendo (que são as taxas de retorno do mercado à vista, indicadas na tabela 2). Desta forma, se avalia quais os ativos que estão sendo subavaliados no mercado. A figura 22 faz este comparativo.

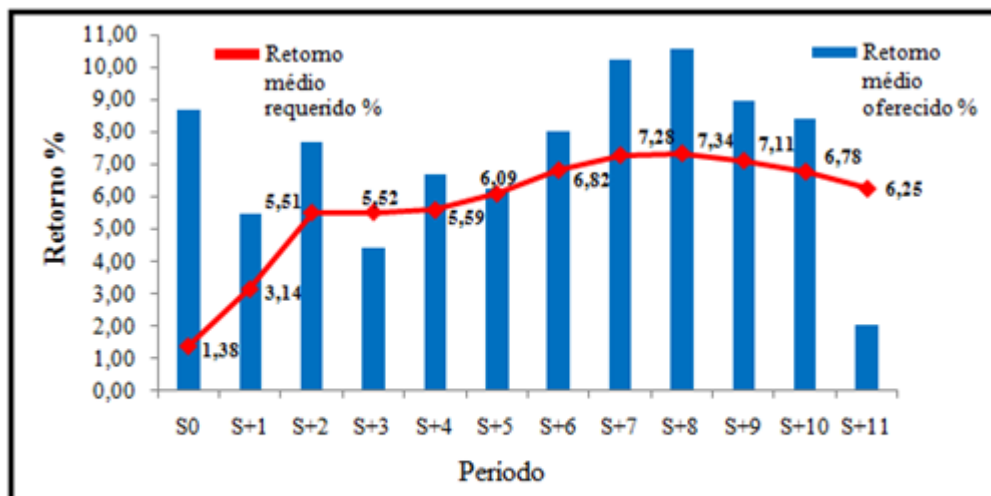


Figura 22 - Taxas de retorno requerida pelo CAPM

Fonte: Elaboração própria.

Analisando os retornos da carteira à vista, a comercialização de arroz nos meses de março(S_0), abril(S_{+1}) e de maio(S_{+3}) a janeiro(S_{+10}) superaram as expectativas de retornos, estando as taxas oferecidas pelo mercado maiores do que as taxas requeridas. O CAPM indicou que a comercialização nestes meses, aplicando o valor a taxa CDI, se torna atraente, dado que os retornos estão superavaliados.

O produtor que optar por comercializar o seu arroz nos meses de junho(S_{+4}) ou fevereiro(S_{+11}) poderá ter seu valor subavaliado no mercado, pois estariam abaixo do retorno requerido.

5.3 ANÁLISE COM O MÉTODO DE ELTON E GRUBER

Dados utilizados no CAPM, como a taxa de retorno requerida no mercado e os betas dos ativos, servirão para a construção da carteira ótima através do método proposto por Elton e Gruber (1978).

Após ordenados os ativos com maiores Índices de Atratividades (IA) foi delimitado o maior ponto de corte, representado pelo valor de 6,0844. Este ponto de corte indicou que devem fazer parte da carteira ótima os ativos (S_0), (S_{+1}), (S_{+2}), (S_{+8}) e (S_{+7}).

Quadro 5 - IA e ponto de corte dos ativos da carteira ótima

ATIVO	$\frac{(\bar{R}_i - R_F)}{\beta_i}$	$\frac{(\bar{R}_i - R_F)\beta_i}{\sigma_{ei}^2}$	$\frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2}$	$\sum \frac{(\bar{R}_i - R_F)\beta_i}{\sigma_{ei}^2}$	$\sum \frac{\beta_i^2}{\sigma_{ei}^2}$	PONTO DE CORTE
S0	87,71	0,0084	0,0001	0,0084	0,0001	3,5082
S+1	10,51	0,0146	0,0014	0,0230	0,0015	6,0844
S+2	6,55	0,0145	0,0022	0,0291	0,0036	4,9326
S+8	6,54	0,0180	0,0022	0,0324	0,0044	4,8235
S+7	6,39	0,0183	0,0028	0,0363	0,0050	4,9423
S+9	5,60	0,0155	0,0030	0,0338	0,0059	4,1406
S+10	5,51	0,0147	0,0031	0,0302	0,0061	3,5802
S+4	5,38	0,0152	0,0029	0,0299	0,0060	3,6216
S+6	5,18	0,0160	0,0027	0,0313	0,0056	3,9501
S+5	4,34	0,0132	0,0028	0,0293	0,0055	3,7431
S+3	3,05	0,0068	0,0027	0,0200	0,0054	2,5838
S+11	0,41	0,0011	0,0027	0,0079	0,0053	1,0297

Fonte: Elaboração própria.

Na figura 23 se observa os cinco ativos que farão parte da carteira ótima pelo método de Elton e Gruber (1978):

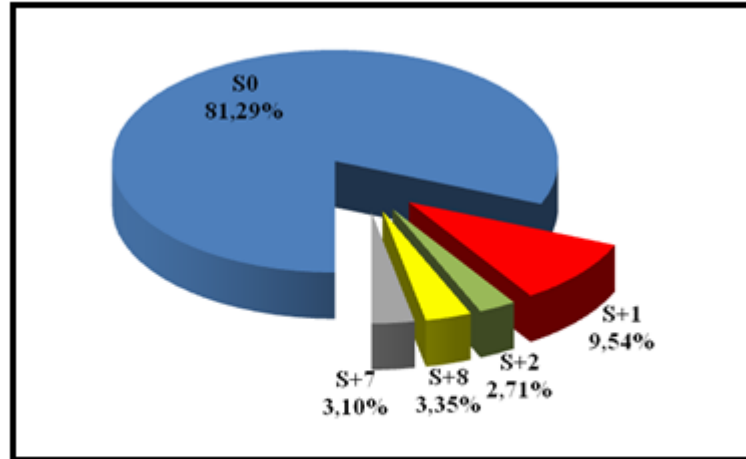


Figura 23 - Carteira ótima pelo método de Elton e Gruber
Fonte: Elaboração própria.

Para esta composição também se determinou o retorno esperado, o beta e o risco total da carteira ótima. O retorno esperado foi de 8,48%, beta de 0,21 e um risco, representado pelo desvio-padrão, de 8,26. Nota-se que o seu desempenho não foi melhor que algumas carteiras apresentadas na otimização pelo método de Markowitz (1952), e inclusive, inferior a opção de comercialização 100% em um único mês (ativo S_0). Na otimização pelo método de Markowitz (1952), na carteira 38 do quadro 1, praticamente há o mesmo retorno, 8,47%, porém com um risco menor, 7,68. No ativo S_0 na carteira à vista, vendendo 100% do arroz no mês de março, o retorno foi de 8,70% com um risco de 8,30.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A otimização de carteiras é muito utilizada no mercado financeiro para se encontrar ativos com melhores respostas frente às oscilações do mercado. O objetivo deste trabalho foi adaptar a Teoria de Carteiras para a produção de arroz, a fim de se analisar quais melhores estratégias na comercialização para aumentar a rentabilidade do produtor.

Através da Teoria de Carteiras se transformou cada mês de comercialização em um ativo. Desta forma, pode-se compará-los com a opção de comercializar 100% do arroz em único ativo ou diversificar esta comercialização em outros meses. O benefício da diversificação exposto por Markowitz (1952), como possibilidade de aumentar o retorno e diminuir o risco, foi comprovado no estudo.

Confirmando a teoria, a diversificação foi eficaz na melhora da eficiência dos retornos testados. Ao invés de o produtor vender 100% do arroz no período de safra, ele pode vendê-lo de forma distribuída ao longo do ano, possibilitando um retorno maior. Porém, esta alternativa de distribuição da comercialização ao longo do ano passa a ser atrativa, com retornos maiores e riscos menores que os observados no mercado à vista, quando efetuada apenas em alguns ativos, ou seja, em alguns meses. Os melhores meses indicados foram os que possuíram maiores retornos ou menores riscos, a saber: março, abril, outubro e novembro. Desta forma, o produtor tem a possibilidade de venda em dois meses do período de safra e dois meses do período de entressafra.

Através do aplicativo utilizado se construiu a fronteira eficiente com base em 50 possíveis carteiras, cabendo ao produtor escolher a melhor relação entre risco e retorno que lhe convém.

Foram testados também outros dois modelos de risco e retorno. O CAPM e o método simplificado para a construção de carteira ótima, proposto por Elton e Gruber (1978). No CAPM se teve a visualização das taxas de retornos requeridas e oferecidas no mercado, bem como o desempenho de cada ativo no mercado de acordo com a movimentação do risco sistemático (representado pelo beta).

Com referência ao método de Elton e Gruber (1978), para o presente estudo, ele se mostrou ineficaz. A carteira ótima indicada pelo método forneceu um desempenho inferior ao observado no modelo de Markowitz (1952).

A produção de arroz tem uma importante participação no setor agrícola do estado do RS, pois é o segundo produto em termos de quantidade produzida e valor. Sua importância não se limita apenas ao estado, mas também ao setor agrícola brasileiro. A participação do RS na produção de arroz no Brasil em 2009 foi de 63%, indicando uma importante parcela na produção de arroz nacional. Alternativas de comercialização mais rentável ao produtor possibilitam não só o fortalecimento do setor arroseiro, através da expansão da produção devido a atratividade, mas também benefícios econômicos ao estado e à Federação. Benefícios estes que podem ser citados, como, por exemplo, emprego, renda, arrecadação ou aumento na participação do cereal na balança comercial através de maiores quantidades exportadas. Desta forma, estudos que objetivam analisar melhores eficiências na comercialização de arroz trazem uma contribuição importante ao setor.

Acreditando que este trabalho tenha servido para o autor como subsídio e motivação para demais investigações referentes ao tema estudado, cita-se como sugestão para próximos estudos a utilização do mesmo referencial teórico, ou de outros similares, para a ampliação da análise. Esta ampliação pode ser através de abordagens sobre instrumentos que possam tornar a comercialização de arroz mais rentável ao produtor, como, por exemplo, o mercado futuro. Esta alternativa de comercialização do arroz já é praticado há mais de duas décadas nos Estados Unidos, porém, ainda inexistente no Brasil. Assim como em algumas *commodities* o mercado futuro é um aliado no gerenciamento do risco e de melhores rentabilidades, este instrumento de comercialização pode se mostrar interessante ao arroz, sendo assim, uma abordagem importante para se explorar outras alternativas que melhorem a rentabilidade do produtor de arroz.

REFERÊNCIAS

ACA – Asociación de Cultivadores de Arroz. **Dados estatísticos**. Disponível em: <<http://www.aca.org.uy>>. Acesso em: 25 de junho de 2010.

ACPA – Asociación Correntina de Plantadores de Arroz. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar>>. Acesso em: 25 de junho de 2010.

ANDRADE, E. L. de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

ANGRAD – Associação Nacional dos Cursos de Graduação em Administração. Vol. 10, n. 1. Rio de Janeiro, 2009.

ANSON, M. J. P. **Maximizing utility with commodity futures diversification**. Journal of Portfolio Management, New York, v. 25, n. 4, p. 86-94, 1999.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BARABACH, G. **A eficiente diversificação comercial do café arábica: uma abordagem a partir da moderna teoria de carteiras**. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento). Porto Alegre: PUCRS, 2009.

BARATA, T. **Entrevista**. Contato realizado no IRGA em 13 de abril de 2010.

BARROS, G. S. de C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2007.

BATALHA, M. O (Coord.). **Gestão Agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1997.

BB – Banco do Brasil. **Dados fornecidos pela Superintendência de Negócios, Varejo e Governo do RS**. Contato por email em 10 de maio de 2010.

BCB – Banco Central do Brasil. **Serviços ao cidadão**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br>>. Acesso em: 04 de abril de 2010.

BERK, J. **Finanças empresariais**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses: a fascinante história do risco**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

BERNSTEIN, P. L. In: **Administração de Investimentos**. DAMODARAN, A. Porto Alegre: Bookman, 2000.

BERNSTEIN, P. L. **A história do mercado de capitais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BRIGHAM, E. F. **Fundamentos da moderna administração financeira**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

BRUM, A. L. **A comercialização no contexto econômico: o caso da agropecuária**. Petrópolis: Vozes, 1993.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras**. <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 de junho de 2010a.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Comercialização**. <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 de junho de 2010b.

DAMODARAN, A. **Finanças corporativas aplicadas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

EATON, B. C. **Microeconomia**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

ELTON, E.J; GRUBER, M.J e URICH, T.J. **Are betas best**. The Journal of Finance, Vol. XXXIII, N.5, dezembro, 1978.

ELTON, E. J; GRUBER, M. J. **Optimal portfolio from simple ranking devices analysis**. The Journal of Portfolio Management. New York, v. 4, n. 4, p. 15-19, 1978.

ELTON, E. J.;[*et al.*]. **Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2004.

FAMA, E. F; FRENCH, K. R. **The CAPM: theory and evidence**. The Journal of Economic Perspectives, V. 18, n.3, p. 25-46, 2004.

FEE – Fundação de Economia e Estatística. **FEEDADOS**. Disponível em: <<http://www.fee.tche.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2010.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **FGVDADOS**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2010.

GITMAN, L.J. **Princípios da Administração Financeira**. 10.ed. São Paulo: Pearson, 2008.

GROPELLI, A. A; NIKBAKHT, E. **Administração Financeira**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

HARREL, Charles R.; GHOSH, Biman K.; BOWDEN, Royce. **Simulation using pro model**. New York: McGraw-Hill, 2000.

HAUGEN, R. **Modern investment theory**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata**. Disponível em: <www.ipea.gov.br>. Acesso em: 16 de abril de 2010.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. **Notícias**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2010a.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. **Dados de safra**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2010b.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. **Preços**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 05 de abril de 2010c.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz. **Censo da lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul - safra 2004/05**. Porto Alegre, 2006.

IRRI – International Rice Research Institute. **Statistics**. Disponível em: <<http://www.irri.org>>. Acesso em: 02 de abril de 2010.

JORION, P. **Value at Risk: a nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro**. 2.ed. São Paulo: BM&F, 2003.

LINTNER, J. The Valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economic and Statistics*, Vol, 47, No.1, February 1965.

LUENBERGER, D. G. **Investment Science**. New York: Oxford University Press, 1998.

MANKIW, N. G. **Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MARINS, A. C. **Mercados derivativos e análise de risco**. Vol. 2. Rio de Janeiro: AMS, 2004.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**. *The Journal Of Finance*. V. 7, n. 1 (Mar, 1952), p 77-91.

MARQUES, P. V. J; AGUIAR, D. R. D. **Comercialização de produtos agrícolas**. São Paulo: Edusp, 1993.

MELLAGI FILHO, A. **Mercado Financeiro e de capitais**. São Paulo: Atlas, 2000.

MINAGRI – Ministerio de Agricultura, Ganadería Y Pesca de la Argentina. **Estimaciones y Estadísticas**. Disponível em: < <http://www.minagri.gob.ar>>. Acesso em: 08 de abril de 2010.

MINEIRO, A. A. C. **Aplicação de programação não linear como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na gestão de um clube de investimento**. Dissertação (Engenharia de Produção). Itajubá: UNIFEI, 2007.

MIRANDA, S. et al. **O sistema agroindustrial do arroz no Rio Grande do Sul**. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Paraná: UEL, 2007. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2010.

MOHANTHY, S. **News & Events**. International Rice Research Institute. Disponível em: <<http://www.irri.org>>. Acesso em: 24 de maio de 2009.

MOSSIN, J. **Equilibrium in a capital asset market**. *Econométrica*, p. 768-783, Oct. 1966.

NEUMANN, J. V. **Theory of games and economic behavior**. Princeton: Princeton University Press, 1953.

NICOL, R. **Microeconomia**. São Paulo: Atlas, 1989.

ROSS, S. A. **Administração Financeira**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMUELSON, P. A. **Introdução à análise econômica**. Rio de Janeiro: Agir, 1977.

SANVICENTE, A. Z. **Mercado de capitais e estratégias de investimentos**. São Paulo: Atlas, 1996.

SANVICENTE, A. Z. **Administração financeira**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1997.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

SHARPE, W. F. **Capital Asset Prices: A Theory of market equilibrium under conditions of risk**. *Journal of Finance*, Boston, V. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.

SHARPE, W. F. In: BERNSTEIN, P. L. **A história do mercado de capitais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SILVEIRA, R. In: IRGA. **Notícias**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2009.

SILVEIRA, R. L. F. da; BARROS, G. S. de C. **Futuros agropecuários em portfólios de máxima utilidade esperada**. *Revista de Economia e Agronegócio (UFV)*, V. 7, n. 2, p.215-234, 2009.

SINDARROZ – Sindicato da Indústria do Arroz no Estado do RS. **Entrevista**. Contato por email em 10 de maio 2010.

TOSTA DE SÁ, G. **Administração de investimentos: teoria de carteiras e gerenciamento do risco**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

USDA - United States Department of Agriculture. **Production, supply and distribution online**. Disponível em: <<http://www. www.usda.gov>>. Acesso em: 15 de junho de 2010.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

VARIAN, Hal R. **Microeconomic Analysis**. 3 ed. New York: Norton, 1992.

WESSELS, W. J. **Microeconomia: teoria e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2002.

APÊNDICE A

Matriz de variância dos retornos

	S ₀	S ₊₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁
S ₀	68,92	41,70	30,77	45,27	37,96	35,75	21,86	-4,60	-4,73	15,40	6,05	3,55
S ₊₁	41,70	99,61	176,30	170,24	138,51	141,54	130,14	102,98	94,58	97,86	85,88	86,23
S ₊₂	30,77	176,30	396,39	365,54	320,23	337,88	355,69	336,42	304,12	283,79	263,19	260,61
S ₊₃	45,27	170,24	365,54	397,49	310,39	336,11	343,27	318,17	301,22	286,86	277,39	291,79
S ₊₄	37,96	138,51	320,23	310,39	321,78	344,21	372,18	372,97	358,77	337,74	307,31	277,40
S ₊₅	35,75	141,54	337,88	336,11	344,21	379,03	420,28	430,83	417,76	394,59	366,66	335,49
S ₊₆	21,86	130,14	355,69	343,27	372,18	420,28	502,95	546,47	526,92	489,66	454,79	412,88
S ₊₇	-4,60	102,98	336,42	318,17	372,97	430,83	546,47	643,34	639,23	586,69	539,03	470,04
S ₊₈	-4,73	94,58	304,12	301,22	358,77	417,76	526,92	639,23	684,52	640,23	580,97	488,32
S ₊₉	15,40	97,86	283,79	286,86	337,74	394,59	489,66	586,69	640,23	626,51	584,36	489,61
S ₊₁₀	6,05	85,88	263,19	277,39	307,31	366,66	454,79	539,03	580,97	584,36	574,16	498,01
S ₊₁₁	3,55	86,23	260,61	291,79	277,40	335,49	412,88	470,04	488,32	489,61	498,01	462,61

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE B

Matriz de correlação dos retornos

	S ₀	S ₊₁	S ₊₂	S ₊₃	S ₊₄	S ₊₅	S ₊₆	S ₊₇	S ₊₈	S ₊₉	S ₊₁₀	S ₊₁₁
S ₀	1,00	0,50	0,19	0,27	0,25	0,22	0,12	-0,02	-0,02	0,07	0,03	0,02
S ₊₁	0,50	1,00	0,89	0,86	0,77	0,73	0,58	0,41	0,36	0,39	0,36	0,40
S ₊₂	0,19	0,89	1,00	0,92	0,90	0,87	0,80	0,67	0,58	0,57	0,55	0,61
S ₊₃	0,27	0,86	0,92	1,00	0,87	0,87	0,77	0,63	0,58	0,57	0,58	0,68
S ₊₄	0,25	0,77	0,90	0,87	1,00	0,99	0,93	0,82	0,76	0,75	0,71	0,72
S ₊₅	0,22	0,73	0,87	0,87	0,99	1,00	0,96	0,87	0,82	0,81	0,79	0,80
S ₊₆	0,12	0,58	0,80	0,77	0,93	0,96	1,00	0,96	0,90	0,87	0,85	0,86
S ₊₇	-0,02	0,41	0,67	0,63	0,82	0,87	0,96	1,00	0,96	0,92	0,89	0,86
S ₊₈	-0,02	0,36	0,58	0,58	0,76	0,82	0,90	0,96	1,00	0,98	0,93	0,87
S ₊₉	0,07	0,39	0,57	0,57	0,75	0,81	0,87	0,92	0,98	1,00	0,97	0,91
S ₊₁₀	0,03	0,36	0,55	0,58	0,71	0,79	0,85	0,89	0,93	0,97	1,00	0,97
S ₊₁₁	0,02	0,40	0,61	0,68	0,72	0,80	0,86	0,86	0,87	0,91	0,97	1,00

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE C

Retorno médio dos ativos à vista, %

Ativos	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	MÉDIA	VARP	DESVIO
S	25,96	12,09	17,23	16,89	5,11	4,62	6,01	-10,25	13,91	3,95	16,08	7,53	1,36	4,03	6,01	8,70	68,92	8,59
S+1	9,36	7,24	11,30	13,07	-4,80	-4,77	-1,55	-9,57	28,24	4,82	2,18	1,08	2,15	23,17	0,51	5,49	99,61	10,33
S+2	-0,16	9,63	11,39	34,50	-13,24	-8,89	7,42	-3,50	46,86	3,41	-12,44	-4,50	-1,00	51,82	-5,74	7,70	396,39	20,61
S+3	10,44	7,77	8,10	37,60	-19,84	-3,41	-17,51	-0,51	38,23	-4,69	-15,87	-2,67	-2,73	44,54	-12,79	4,44	397,49	20,64
S+4	15,06	1,93	5,26	32,02	-19,68	-6,31	16,23	0,25	36,86	-7,87	-15,99	13,37	-2,40	40,03	-8,09	6,71	321,78	18,57
S+5	19,37	3,04	6,55	34,25	-22,59	-9,06	15,69	6,87	37,60	-10,65	-24,32	9,37	-0,84	38,42	-10,03	6,24	379,03	20,15
S+6	15,58	7,30	16,99	42,86	-24,38	-10,37	29,38	17,98	33,99	-16,48	-32,27	9,61	4,11	38,50	-12,10	8,05	502,95	23,21
S+7	13,17	14,66	26,81	38,72	-22,47	-12,87	39,90	37,76	28,34	-23,61	-35,73	18,16	1,97	42,29	-13,22	10,26	643,34	26,25
S+8	14,65	16,25	27,18	31,66	-20,51	-15,16	33,82	49,45	39,79	-28,63	-29,21	29,56	-3,77	31,53	-18,41	10,55	684,52	27,08
S+9	19,45	17,85	23,90	25,63	-24,52	-10,41	30,75	44,02	45,57	-36,70	-22,19	19,55	-6,84	22,88	-14,65	8,95	626,51	25,91
S+10	20,32	17,15	18,64	23,92	-26,61	1,59	25,38	45,94	44,29	-38,76	-23,86	6,48	-4,18	21,35	-5,59	8,40	574,16	24,80
S+11	11,09	11,34	11,42	25,84	-29,43	2,88	5,97	33,61	32,46	-36,03	-34,06	-8,08	-3,37	15,68	-8,78	2,04	462,61	22,26
MÉDIA	14,52	10,52	15,40	29,75	-18,58	-6,01	15,96	17,67	35,51	-15,94	-18,97	8,29	-1,29	31,19	-8,57	7,30	305,67	18,10
VARP	40,51	25,82	53,39	72,92	89,04	37,09	256,54	490,12	76,80	249,67	215,85	109,42	9,32	176,64	41,67	129,65	15565,72	129,14
DP	6,65	5,31	7,63	8,92	9,86	6,36	16,73	23,12	9,15	16,50	15,35	10,93	3,19	13,88	6,74	10,69	27,21	5,40

Fonte: Elaboração própria.