3

Análise Multivariada

3.1

Volume Negociado de Contrato Futuro e Risco de Base

Nosso interesse principal é entender como o risco da base afeta o volume de negociação de derivativos na BM&F, fazendo uma comparação de tal impacto entre os contratos futuros agropecuários e os contratos futuros financeiros. A regressão multivariada que usaremos para esse estudo é:

$$\begin{aligned} \text{Log}(1+\text{VOL}_{it}) = & \alpha_i + \beta_i \text{ Log}(\text{risco de base}_{it}) + \gamma_i \text{ Ibovespa}_{it} + \theta_i \text{ dummy de clima}_t + \\ & \tau_i \text{ dias sem negócios}_t + \omega_i \text{ S\&P500}_t + \delta_i \text{ Dias da Semana}_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

Na equação (4), os cinco contratos estão indexados por i e os dias dos anos de 2005, 2006, 2007 e 2008 até o final de setembro estão indexados por t . Temos cinco equações em que a variável dependente é o logaritmo de um mais o volume negociado em US\$ a cada semana da amostra para cada commodity.¹⁴ Os riscos de base também foram normalizados em todos os casos.¹⁵

O parâmetro ω mede o impacto das condições internacionais, medida pelo retorno do índice das 500 ações da NYSE em valor de capitalização (S&P-500). Analogamente, o coeficiente γ captura o impacto das condições domésticas, que medidas aqui pelo índice IBOVESPA. As *dummies* para dias da semana têm seus efeitos medido pelo vetor (4x1) de parâmetros δ (a terça-feira foi excluída) e o parâmetro θ mede o impacto do clima, entendido aqui como uma *dummy* que assume valor 1 durante o período de chuvas na primavera e verão e valor zero no restante do ano. As necessidades de hedge dos produtores também não são as

¹⁴ A adição de um ao volume negociado deve-se ao fato de os futuros de café, boi e soja apresentarem volume zero de negociação em vários dias da amostra.

¹⁵ Mas não subtraímos a média porque, já que usaremos logaritmos, não podemos ter valores negativos para o risco de base.

mesmas em todos os meses do ano, uma vez que a produção não é a mesma em todos os meses do ano.¹⁶ A *dummy* τ aparece para capturar os efeitos dos dias sem negócios.

O parâmetro que mede o efeito da volatilidade sobre o volume, β , é o nosso coeficiente de interesse. O sinal esperado desses coeficientes é negativo, refletindo uma queda de volume de negociação como resposta de uma maior dificuldade de uso do contrato futuro como instrumento de hedge, isto é, um maior risco de base. Usamos os volumes negociados e o risco de base em logaritmos, pois assim cada β passa a representar a elasticidade do volume ao respectivo risco de base.

O sistema (4) – uma equação para cada contrato futuro – é estimado usando *seemingly unrelated regressions* (SUR), permitindo assim que os resíduos das equações sejam correlacionados devido a, por exemplo, choques comuns aos diferentes contratos. Como o risco de base usado em (4) é um regressor gerado, usamos erros-padrão corrigidos por Newey-West. Uma razão para existência de choques comuns é que vários participantes do mercado de derivativos tendem a operar em todos os cinco mercados. O produtor de soja, por exemplo, não tem a priori nenhuma razão para fazer hedge de boi, mas na outra ponta do hedge de soja que ele faz muito provavelmente está um Banco de Investimento que também esta vendendo hedge para o mercado de boi. Isto sugere as equações devem ser tomadas em conjunto, porque os mercados estão interligados. E o mecanismo estatístico para levar em conta estes efeitos é o sistema de equações aparentemente não relacionadas.

¹⁶ A estação chuvosa muda conforme a região. Mas 80% da produção de gado, 85% da de café e 78% da soja ocorrem em regiões com clima similar ao descrito no parágrafo, que grosso modo corresponderia ao centro-oeste brasileiro. Poderia então surgir a dúvida se o uso de hedge esta concentrado justamente nas regiões que não se enquadram neste clima. A resposta é não, como mostraremos na próxima seção.

3.2

Resultados da Estimação

A tabela VIII abaixo mostra os resultados da estimação da regressão (4).

TABELA VIII: Volume Negociado e Risco da Base

Como regressando, temos o volume negociado para cada mercadoria. Nas 5 primeiras linhas temos as volatilidades de cada commodity. Nas duas linhas seguintes estão os retornos do S&P500 e do Ibovespa, como controles para condições externas e internas, de mercado. Temos três tipos de dummy, sendo oito no total: as três relativas aos dias sem negócios, as quatro relativas aos dias da semana e uma última relativa ao clima. Valor absoluto da estatística Z entre parênteses.

	Café	Boi	Soja	DI	Dólar
Volatilidade do café	-0.109 (2.65)**	-	-	-	-
Volatilidade do boi	-	-0.201 (5.73)***	-	-	-
Volatilidade da soja	-	-	-0.049 (1.06)	-	-
Volatilidade do DI	-	-	-	-0.02 (0.22)	-
Volatilidade do dólar	-	-	-	-	-0.067 (4.61)**
S&P500	-1.449 (0.49)	-0.624 (0.24)	-0.289 (0.09)	-7.962 (0.83)	0.091 (0.02)
Ibovespa	-0.005 (0.3)	0.007 (0.52)	-0.007 (0.43)	0.007 (0.14)	0.019 (0.94)
Segunda	-0.035 (0.5)	-0.141 (2.26)*	0.013 (0.16)	-0.134 (0.58)	-0.151 (1.61)*
Quarta	-0.038 (0.55)	0.008 (0.14)	-0.119 (1.58)	0.084 (0.38)	0.069 (0.76)
Quinta	-0.011 (0.16)	-0.032 (0.52)	-0.014 (0.18)	0.121 (0.54)	0.065 (0.72)
Sexta	0.117 (1.71)*	-0.072 (1.20)	-0.098 (1.3)	-0.002 (0.01)	0.019 (0.21)
Clima	0.379 (8.62)***	-0.115 (2.96)**	-0.374 (7.47)***	-0.032 (0.23)	0.109* (1.86)
Café sem negócio	-6.755 (36.66)***	-	-	-	-
Boi sem negócio	-	-6.563 (47.93)***	-	-	-
Soja sem negócio	-	-	-5.337 (66.49)***	-	-
Constante	6.845 (117.4)***	7.138 (88.48)***	5.776 (44.53)***	8.129 (23.58)***	8.436 (116.38)***
Observações	884	884	884	884	884

* significativa a 10%; ** significativa a 5%; ***significante a 1%; entre parênteses erro-padrão corrigido por Newey-West

As três últimas linhas – acima da constante - da tabela VIII mostram os coeficientes estimados para as dummies de dias sem negócios, que são negativas e são sempre significantes a 1%. Como não há dias sem negócios para DI e dólar, não houve necessidade de incluir dummies para esses casos. Também vale notar que há uma grande sobreposição entre os dias sem negócios para café, boi e soja, sendo esta a ordem crescente do número de dias sem negócios.¹⁷ O clima, por sua vez, se apresenta altamente significativo apenas nas três commodities agropecuárias, como esperaríamos, e sem qualquer significância a níveis razoáveis para o caso dos financeiros. Chama a atenção neste caso a diferença entre os sinais do clima. O sinal é positivo para o café, indicando que na estação chuvosa de setembro a março há, tudo mais constante, mais negócios envolvendo futuros de café do que no período de seca no outono e inverno. Para boi e soja, contudo, o sinal é negativo, o que já é em parte capturado pela própria agenda dos contratos de soja.¹⁸ Nesse último mercado, são negociados contratos vencendo em novembro, e depois apenas em março do ano seguinte, indicando que a época de plantio corresponde a uma entressafra dos futuros. O futuro vencendo em março é, de fato, o que tem mais dias de negociação e mais volume negociado dentre todos os contratos de soja, mas esse volume está desproporcionalmente concentrado no final da vida do contrato. Para o boi, notamos também o mesmo fenômeno, mas em menor grau, com os contratos da entressafra tendo volumes negociados superiores aos do período de chuvas.

Ainda como controles temos dummies para dias da semana e condições de mercado externas e domésticas, representadas pelo S&P500 e pelo Ibovespa. Estas duas últimas não apresentam significância em nenhuma das especificações da tabela VII. Quanto às dummies de dias da semana, apenas aquela referente à segunda-feira apresenta significância a 5%, na segunda coluna, referente à equação do boi. Isso indica que segundas-feiras tendem a serem dias de poucos negócios no mercado de futuro de boi. A 10% de significância, contudo, a segunda-feira também é significativa para o dólar, como vemos na quinta coluna, e

¹⁷ Na verdade, poderíamos dizer que esta é uma relação de inclusão. Os dias sem negócios para soja praticamente incluem os do boi, que por sua vez praticamente incluem os do café. Daí segue que incluir as três dummies numa equação individual não faz sentido.

¹⁸ Depois do vencimento em novembro, o próximo vencimento de futuro de soja vai ser apenas em março, ficando os 4 meses entre ambos dependendo de negociações com o contrato de março, apenas. Entre março e novembro, apenas outubro não tem vencimento de futuro.

as sextas-feiras, para o café. Estes dois últimos casos, como no da segunda-feira para o boi, também apresentam sinal negativo. Ou seja, há indícios fracos de que o começo e o final da semana tendem a ter menos negócios, nos mercados brasileiros de derivativos.

Contudo, nossas variáveis de interesse são aquelas nas cinco primeiras linhas. Que de fato indicam que o risco de base parece ser muito mais relevante nos agropecuários do que nos financeiros.

Como forma de sustentar esta posição, temos os resultados da tabela IX, que compara diretamente os módulos dos coeficientes das volatilidades entre os agropecuários e os financeiros, tendo sempre como hipótese que os coeficientes dos financeiros são maiores ou iguais aos dos agropecuários:

TABELA IX: Comparando as Volatilidades dos Agropecuários com as dos Financeiros

As três primeiras colunas apresentam a desigualdade que estamos testando, com as volatilidades dos agropecuários à esquerda e as dos financeiros à direita. A coluna logo à direita mostra os p-valores dos testes. A última coluna à direita mostra a diferença dos betas estimados, ao subtrairmos de cada beta agropecuário cada um dos betas financeiros. Estamos fazendo um teste de diferenças de médias, comparando para cada contrato agropecuário o coeficiente (o módulo do β da equação (4)) da volatilidade deste contrato com os coeficientes análogos das equações dos financeiros.

Testes e Resultados				
Volatilidade Agr.	Hipótese	Volatilidade Fin.	P-valor	Δ Beta
café	menor que	DI	0	0.089
café	menor que	Dólar	0.04	0.042
boi	menor que	DI	0.01	0.181
boi	menor que	Dólar	0	0.134
soja	menor que	DI	0	0.029
soja	menor que	Dólar	0.97	-0.018

Relembrando que a equação (4) é na verdade um sistema com cinco equações, uma para cada contrato, o que fazemos então na tabela IX foi, dentro das três equações dos agropecuários e das duas dos financeiros, isolar em cada uma o valor estimado para o nosso coeficiente de interesse (o β que na equação (4) mede a elasticidade do volume negociado ao risco de base). Comparamos então cada o módulo de cada β dos contratos agropecuários com os –módulos dos- β 's dos financeiros, testando especificamente se os β 's dos financeiros são maiores que os dos agropecuários. Ou seja, testamos se o β do DI é maior que o

café e testamos se o β do dólar também o é, repetindo este par de testes para boi e soja. Como a tabela VII já tinha indicado, o risco de base parece não ser relevante no mercado de dólar. Mas é significativo o suficiente no mercado de DI para que apenas o boi o supere em importância relativa do risco de base.

O que vemos então na coluna da direita é que a hipótese nula é rejeitada em cinco dos seis testes. A tabela VIII mostra que o β da equação do futuro de dólar é de fato maior (ou seja, não rejeitamos H_0) que o β da soja, que inclusive nem significativa é, como vimos na tabela IX. Nos outros quatro casos, a evidência estatística aponta que não podemos afirmar que o β financeiro seja maior que o β agropecuário.

A única volatilidade agropecuária não significativa é a da soja.¹⁹ Mas a soja apresenta também a menor média entre as volatilidades, a o coeficiente de -0.036 representa cerca de 25% da média da volatilidade dela própria. O mesmo ocorre para a segunda menor dentre as cinco médias das volatilidades, a do dólar. Então se falta significância estatística a volatilidade da soja, ao contrário do que ocorre com a do dólar, do ponto de vista econômico ambas estão quase que exatamente na mesma ordem de magnitude. Em termos mais claros, um coeficiente de -0.036 para a soja representa o mesmo impacto da volatilidade sobre o volume negociado do que um coeficiente de -0.06 para o dólar, embora apenas este último tenha significância estatística a níveis razoáveis.

A quinta coluna da esquerda para a direita indica uma medida para sabermos quantificar os resultados acima em termos econômicos. Se compararmos os agropecuários com o DI, vemos que, tudo mais constante, um aumento de uma unidade do risco de base de cada uma dessas variáveis leva a diminuições no volume negociado de 3% maiores no caso da soja relativo ao DI até reduções 18% maiores no caso do boi.²⁰ Ou seja, se uma unidade a mais de “risco de base” reduz em 100 unidades o volume negociado de DI, as reduções entre os agropecuários vão de 103 unidades no caso da soja para 109 no café até 118 no caso do boi. No caso da comparação entre agropecuários e dólar, vemos que a mesma variação na volatilidade em cada caso ainda leva a reduções no volume que são 4% maiores no caso do café até 13% maiores no caso do boi. A

¹⁹ Só é significativa a 20%.

²⁰ Lembrando que nosso risco de base, ou volatilidade, está normalizado em todos os casos.

soja termina sendo a grande exceção da tabela IX, quando comparada ao dólar. Se o risco de base da soja e do dólar aumentam na mesma proporção, o impacto sobre o volume negociado é 2% maior no caso do dólar. Esses impactos maiores da volatilidade sobre os financeiros ganha ainda mais importância quando relembramos que os volumes negociados dos financeiros são muito maiores do que os do agropecuários.²¹

3.3

O Impacto do Clima nos Mercados

A *dummy* climática, como se esperaria, não apresenta significância nem tampouco impacto econômico relevante sobre os volumes negociados dos contratos financeiros. Mas é bastante significativa para os agropecuários. Além disso, como vimos na tabela VI, o sinal da *dummy* climática muda conforme o contrato agropecuário que estamos analisando.²² Provavelmente a maior diferença entre futuros agropecuários e financeiros seja a relevância do clima sobre os primeiros mas não os últimos.

Isto nos sugere que o que a *dummy* climática está capturando é em que medida os mercados agropecuários mudam conforme são analisados no início/fim do ano (verão e primavera) comparado com seus comportamentos ao longo do ano (inverno e outono). Mais ainda, como o clima é um grande determinante da volatilidade nos mercados agropecuários, se não o maior determinante, é o caso de nos perguntarmos em que medida o clima deve ou não ser incluído dentro das volatilidades. Para respondermos essa pergunta, estimaremos a seguinte equação, que exclui a *dummy* climática:

²¹ Se a mesma mudança no risco de base causa impactos maiores nos agropecuários do que nos financeiros, levando a alterações ainda maiores nos volumes negociados, lembramos que em mercados de menor liquidez como os de futuros agropecuários no Brasil, acima de um certo tamanho, as posições que os participantes no mercado assumem podem levar mais de um dia, ou até vários dias para serem liquidadas. Desta forma grandes variações no volume negociado tendem a gerar ainda mais volatilidade nos preços dos derivativos agropecuários.

²² Recapitulando a tabela VI, a *dummy* climática é negativa para boi e soja, e positiva para o café, sempre a 1% de significância.

$$\begin{aligned} \text{Log}(1+\text{VOL}_{it}) = & \alpha_i + \beta_i \text{Log}(\text{risco de base}_{it}) + \gamma_i \text{Ibovespa}_{it} + \tau_i \text{dias sem negócios}_t + \\ & \omega_i \text{S\&P500}_t + \delta_i \text{Dias da Semana}_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

Sendo o clima uma variável significativa nas três equações para contratos agropecuários dentro do sistema (4), sua exclusão deveria quase que por definição afetar os demais coeficientes estimados, com o tamanho desse efeito dado pelas correlações do clima com as demais variáveis e pelas variâncias de cada uma delas. Nossa suposição é que a exclusão do clima levaria a aumentos – em módulo - nos coeficientes das volatilidades dos futuros agropecuários, porque o clima é um dos mais importantes componentes da volatilidade nesses mercados. E nosso interesse está em saber em que medida cada um dos β 's dos contratos agropecuários é afetado pela exclusão do clima.

Ao compararmos os resultados da tabela IX, que inclui a *dummy* climática, com os da XI, que a exclui, vemos que a exclusão da *dummy* climática implica um pequeno aumento nos coeficientes das *dummies* de dias sem negócios do café, do boi e da soja. Todos esses coeficientes permanecem significativos. Da mesma forma, o Ibovespa e S&P500 continuam sem apresentar significância a níveis razoáveis. A *dummy* de segunda-feira para o dólar passa a ser significativa não a 10%, mas a 12%. As outras *dummies* de dia mantêm mesma significância e praticamente os mesmos coeficientes.

TABELA X: Volatilidade Própria e Volume Negociado, excluindo a dummy climática

Como regressando, temos o volume negociado para cada mercadoria. Nas 5 primeiras linhas temos as volatilidades de cada commodity. Nas duas linhas seguintes estão os retornos do S&P500 e do Ibovespa, como controles para condições externas e internas, de mercado. Temos três tipos de dummy, sendo oito no total: as três relativas aos dias sem negócio para cada commodity agropecuária, as quatro relativas aos dias da semana e uma última relativa ao clima. Valor absoluto da estatística Z entre parênteses.

	Café	Boi	Soja	DI	Dólar
Volatilidade do café	-0.083 (1.93)*	-	-	-	-
Volatilidade do boi	-	-0.199 (5.41)**	-	-	-
Volatilidade da soja	-	-	-0.147 (1.74)*	-	-
Volatilidade do DI	-	-	-	-0.033 (0.36)	-
Volatilidade do dólar	-	-	-	-	-0.067 (4.88)**
S&P500	-2.186 (0.72)	-0.549 (0.21)	0.136 (0.04)	-7.908 (0.83)	0.29 (0.07)
Ibovespa	0 (0.03)	0.006 (0.41)	-0.01 (0.59)	0.007 (0.14)	0.018 (0.88)
Segunda	-0.042 (0.57)	-0.136 (2.17)*	0.015 (0.19)	-0.133 (0.58)	-0.149 (1.6)
Quarta	-0.033 (0.47)	0.008 (0.15)	-0.122 (1.57)	0.084 (0.38)	0.069 (0.75)
Quinta	-0.013 (0.18)	-0.032 (0.53)	-0.016 (0.21)	0.121 (0.54)	0.065 (0.71)
Sexta	0.118 (1.65)*	-0.071 (1.16)	-0.102 (1.31)	-0.003 (0.01)	0.019 (0.21)
Clima	-	-	-	-	-
Café sem Negócio	-6.946 (36.12)***	-	-	-	-
Boi sem Negócio	-	-6.651 (48.15)***	-	-	-
Soja sem Negócio	-	-	-5.425 (65.8)***	-	-
Constante	7.064 (121.4)***	7.069 (90.18)***	5.362 (42.76)***	8.072 (23.76)***	8.387 (121.45)***
Observações	884	884	884	884	884

* significativa a 10%; ** significativa a 5%; ***significante a 1%; entre parênteses erro-padrão corrigido por Newey-West

O impacto mais notável da retirada do clima como regressor está, contudo, nas volatilidades. O coeficiente do café cai em 30%, mas permanece com a mesma significância.²³ DI e dólar praticamente não se alteram. Mas a volatilidade da soja, que só apresentava significância a quase 20% no sistema com clima, passa agora a ser significativa a 10%, com seu coeficiente aumentando quase 200%, de 0.49 para 1.47.²⁴ A tabela XI adiante mostra os resultados dos mesmos testes da tabela IX, refeitos para o sistema sem a *dummy* de clima:

TABELA XI: Comparando as Volatilidades dos Agropecuários com as dos Financeiros (sem a dummy de clima)

As três primeiras colunas apresentam a desigualdade que estamos testando. A colunas à direita mostra os p-valores dos testes. Estamos fazendo um teste de diferenças de médias, comparando para cada contrato agropecuário o coeficiente (β da equação (4)) da volatilidade deste contrato com os coeficientes análogos das equações dos financeiros. A última coluna à direita mostra o resultado da subtração do beta do contrato financeiro na segunda coluna do contrato agropecuário na primeira coluna.

Testes e Resultados				
Volatilidade Agr.	Hipótese	Volatilidade Fin.	P-valor	Δ Beta
café	menor que	DI	0	0.05
café	menor que	Dólar	0	0.016
boi	menor que	DI	0.01	0.166
boi	menor que	Dólar	0	0.132
soja	menor que	DI	0.01	0.114
soja	menor que	Dólar	0.09	0.08

A tabela X mostra que a 10% de significância a volatilidade da soja é maior em módulo que a do Dólar. Essa é a grande diferença entre as tabelas IX e XI. O aumento bastante forte do coeficiente da soja aqui verificado reforça o argumento de que as volatilidades são muito mais relevantes para os volumes agropecuários do que para os financeiros.

Não há casos de aceitação da hipótese nula na tabela XI, pelo menos a 10%, e apenas a soja frente ao dólar a níveis de significância abaixo de 9%. Mais ainda, a última coluna da esquerda para a direita, que mostra as diferenças entre os

²³ O que contraria nossa suposição de que subiria. Mas é consistente com o fato de que apenas para o café, dentre os agropecuários, o coeficiente associado à *dummy* climática assume valor positivo. Ou seja, apenas para o café os coeficientes associado ao risco de base e ao clima têm sinais contrários

²⁴ Em módulo.

betas (ou simplesmente o resultado de subtrairmos de cada beta agropecuário um dos betas financeiros encontrados na tabela IX) são sempre favoráveis aos agropecuários. Variações na mesma proporção do risco de base de todos os contratos leva sempre a variações maiores nos volumes negociados dos agropecuários. No caso da comparação entre os agropecuários e o dólar vemos que a mesma variação no risco de base leva a variações no volume negociado que vão de 1,6% maiores no caso do café até 13,2% maiores no caso do boi.

A exclusão do clima não altera qualitativamente nossos resultados. Os resultados acima mostram que os contratos agropecuários continuam sendo muito mais afetados pelo risco de base do que os financeiros. Não só isso, mas a exclusão do clima ainda reforça os resultados anteriores, pois a soja, o contrato agropecuário menos impactado pelo risco de base, passa a ter o coeficiente associado ao risco de base significativo na regressão excluindo o clima. O ponto que a exclusão ou inclusão levanta é em que medida o problema do baixo desenvolvimento dos mercados de derivativos agropecuários no Brasil se deve também à inexistência de um derivativo de clima.