

VINÍCIUS EHRICH PONTES FERREIRA

Análise da Dinâmica do Mercado Global de Cobre

Importância do *Hedge* e dos Derivativos para as Empresas de Mineração

São Paulo

2014

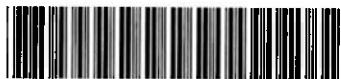
TF-2014

F413a

Item 2625055

H2014m

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700009823

Catalogação-na-publicação

Ferreira, Vinícius Ehrich Pontes

**Importância do hedge e dos derivativos para as empresas
de mineração / V.E.P. Ferreira. -- São Paulo, 2014.
33 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo.**

**1.Bolsa de mercadorias 2.Derivativos 3.Cobre I.Universidade
de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia
de Minas e de Petróleo II.t.**

VINÍCIUS EHRICH PONTES FERREIRA

Análise da Dinâmica do Mercado Global de Cobre

Importância do *Hedge* e dos Derivativos para as Empresas de Mineração

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Minas e de Petróleo da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Rodrigues
Neves

São Paulo

2014

Resumo

O escopo deste trabalho é descrever a mecânica de funcionamento do mercado de cobre, fazendo uma análise dos principais produtores, principais exportadores e importadores do metal, bem como as estratégias utilizadas tanto por empresas produtoras, quanto por empresas que utilizam o cobre, para viabilizar financeiramente seu funcionamento. Nesta etapa, foi provado através de exemplos práticos que o mercado de futuros de cobre negociados em bolsa necessariamente reflete o posicionamento das empresas que efetivamente utilizam ou produzem o metal.

Além disso, foi feita uma análise dos fatores que influenciam a formação do preço do cobre. Esta análise possibilita tomar decisões em relação a aumentar a produção, estocar mais minério, esvaziar estoques enquanto o preço está alto, entre outras atitudes que podem ser tomadas para otimizar o lucro de mineradoras de cobre e indústrias que têm como principal matéria prima este material.

Abstract

The main objective of this paper is to describe the mechanisms of copper markets, analysing the main productors of this metal, its biggest importers and exporters and the strategies adopted by both sides in order to render their projects financially viable. During this stage, it is determined, through mechanical examples, that the exchange listed copper futures market necessarily reflects the attitudes of companies that actually employ or produce the metal.

A further analysis has been made in order to determine which factors influence the price action of copper futures. This analysis enables one to make decisions regarding whether or not to increase production, increases ore stocks, sell the production while the price is attractive, among other decisions that aim to optimize copper mining companies profits and industries that use this material as an essential input.

Sumário

1.Introdução	6
1.1.Principais produtores de cobre	6
1.2.Principais Exportadores e Importadores.....	9
1.3.Principais Aplicações	10
1.4.Cobre como <i>Commodity</i>	12
2. O <i>Hedge</i>	13
2.1.Derivativos.....	13
2.1.1. <i>Forward Contracts</i>	13
2.1.2. <i>Future Contracts</i>	14
2.1.3.Opções	16
2.2. Exemplos de <i>hedge</i>	16
2.2.1.Exemplo de <i>hedge</i> com contrato <i>Forward</i>	16
2.2.2.Exemplo de <i>hedge</i> com opções	18
2.3.Precificação de futuros de <i>commodities</i>	19
2.4.Rendimento de Conveniência	21
3.Fatores determinantes do preço do cobre	22
3.1.Atividade Industrial	22
3.2.Construção Civil.....	25
3.3.Reserva de Valor	27
3.4.A Dinâmica do Preço do Cobre e o <i>Convenience Yield</i>	29
4.Conclusões.....	30
5.Referências Bibliográficas.....	31

1. Introdução

1.1. Principais produtores de cobre

A quantidade total de cobre na crosta terrestre é muito vasta, chegando a cerca de 10^{14} toneladas somente nos primeiros 1000 m de crosta, o que equivale a 5 milhões de anos de extração no presente ritmo. No entanto, apenas uma pequena fração destas reservas é economicamente viável com as tecnologias e preços praticados hoje em dia. Estima-se que as reservas existentes de cobre disponível para mineração durem entre 25 e 60 anos. Grande parte do cobre utilizado hoje em dia, contudo, é obtido por reciclagem e avalia-se que cerca de 80% de todo o cobre que já foi extraído da crosta terrestre ainda esteja disponível para uso, tendo sido reciclado repetidamente.

A maior parte do cobre extraído hoje é obtida na forma de sulfetos, a partir de minas a céu aberto de grande porte em depósitos de cobre porfirítico. Estes tipos de depósitos se concentram na parte ocidental das Américas do Sul e do Norte, no sudeste asiático e na Oceania – ao longo do chamado *Pacific Ring of Fire*, região de intensa atividade sísmica representada na Figura 1.

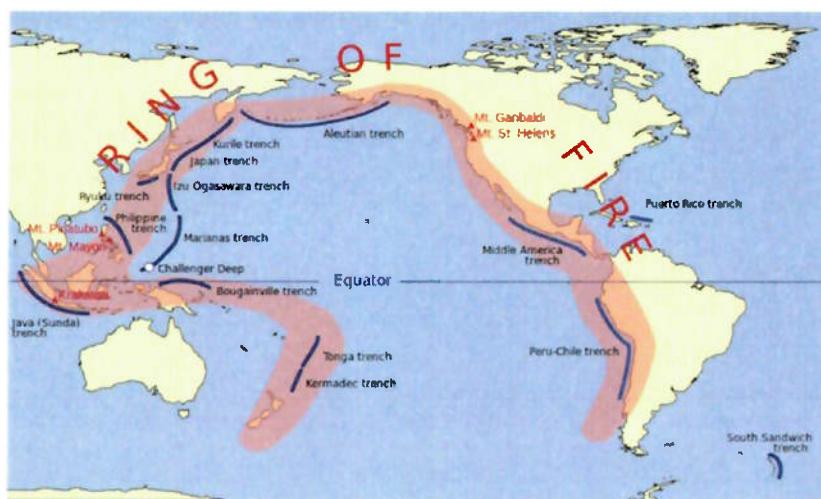


FIGURA 1 – FONTE: WIKIPEDIA

Há também ocorrência de depósitos de cobre pôrfiro no Caribe, no sul da Europa Central, no leste da Turquia, em regiões esparsas na China, Oriente Médio e Rússia e na parte leste da Austrália. Porém, a maior concentração de depósitos deste tipo ocorre no Chile, fazendo deste país o maior produtor e detentor das maiores reservas de cobre ao longo dos

últimos 20 anos, como mostra o Gráfico 1. A Figura 2 ilustra a dimensão de uma das maiores minas a céu aberto de cobre no mundo, a Chuquicamata, localizada no norte do Chile.



FIGURA 2 – FONTE: WIKIPEDIA

Recentemente, a mina de Chuquicamata foi superada pela mina Escondida, na região do deserto do Atacama, no Chile, em termos de produção anual, como mostra a Tabela 1, a seguir:

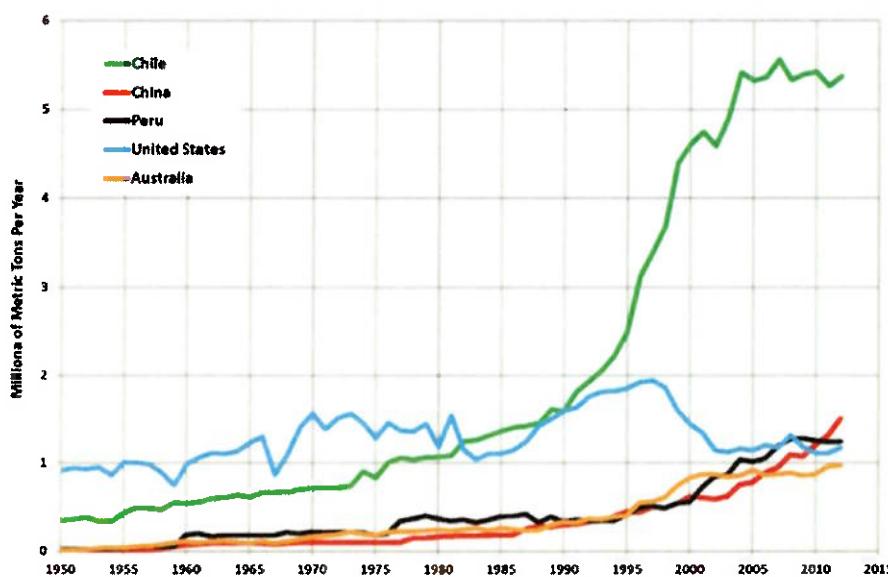
TABELA 1 – AS 10 MAIORES MINAS DE COBRE POR PRODUÇÃO, 2012

Mina	País	Empresa(s)	Capacidade (em milhares de Mt)
Escondida	Chile	BHP / Rio Tinto	1,150
Codelco Norte	Chile	Codelco	840
Grasberg	Indonésia	Freeport-McMoRan	750
Collahuasi	Chile	Anglo American	520
Los Pelambres	Chile	Antofagasta Minerals	470
Antamina	Peru	BHP	450
El Teniente	Chile	Codelco	433
Taimyr Peninsula	Rússia	MMC Norilsk Nickel	430
Morenci	Estados Unidos	Freeport-McMoRan	420
Los Bronces	Chile	Anglo American	416

FONTE: INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP

É notável o domínio do Chile entre os países produtores de cobre. Entre as dez minas que mais produzem no mundo, seis se localizam em território chileno. Por isso, não é surpreendente que o país seja o maior produtor do metal no mundo, tendo produzido 5.7Mt de cobre em 2013. Outros grandes produtores de cobre são a China (1.65Mt em 2013), o Peru (1.3Mt), os Estados Unidos (1.22Mt) e a Austrália (0.99Mt). O Brasil produziu, em 2013, 0.48Mt de cobre.

GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ANUAL DE COBRE POR PAÍS



FONTE: UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

1.2. Principais Exportadores e Importadores

O Chile é destaque, naturalmente, como exportador de cobre. Dado que a atividade industrial no país não é consideravelmente elevada, praticamente todo o cobre produzido é exportado na forma de cobre refinado, minério de cobre ou cobre metálico cru (raw copper), e representa mais da metade (cobre refinado 28%, minério de cobre 20%, raw copper 4.1%) de todas as exportações do país.

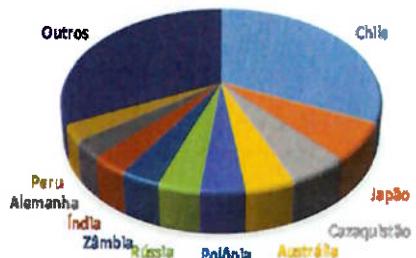
Apesar de ser o segundo maior produtor de cobre no mundo, a China é o maior importador nas três formas em que o cobre é comercializado. Isso se deve à grande robustez da indústria no país, que necessita de quantidades enormes de matéria-prima. Por isso, como será visto mais adiante, a demanda por matéria-prima na China afeta diretamente o preço de materiais como cobre. A maior parte do cobre importado pela China vem do Chile.

O Brasil, apesar de ser uma potência mineral para muitos metais, tem produção reduzida de cobre. O país é importador de cobre refinado (importou o equivalente a cerca de \$2 bilhões em 2012) e exportador de minério de cobre (tendo exportado o equivalente a cerca de \$1.6 bilhões em 2012).

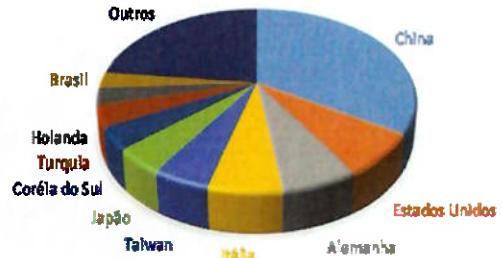
Os principais exportadores e importadores das três categorias de produtos de cobre são indicados a seguir:

FIGURA 3 – PRINCIPAIS EXPORTADORES E IMPORTADORES DE COBRE

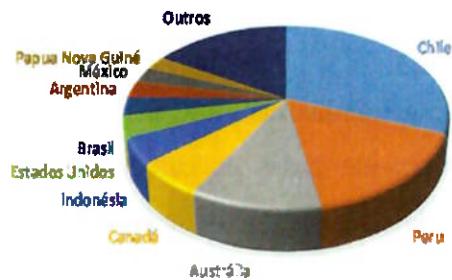
**PRINCIPAIS EXPORTADORES - COBRE REFINADO
(2012)**



**PRINCIPAIS IMPORTADORES - COBRE REFINADO
(2012)**



**PRINCIPAIS EXPORTADORES - MINÉRIO DE COBRE
(2012)**



**PRINCIPAIS IMPORTADORES - MINÉRIO DE COBRE
(2012)**



**PRINCIPAIS EXPORTADORES - RAW COPPER
(2012)**



**PRINCIPAIS IMPORTADORES - RAW COPPER
(2012)**

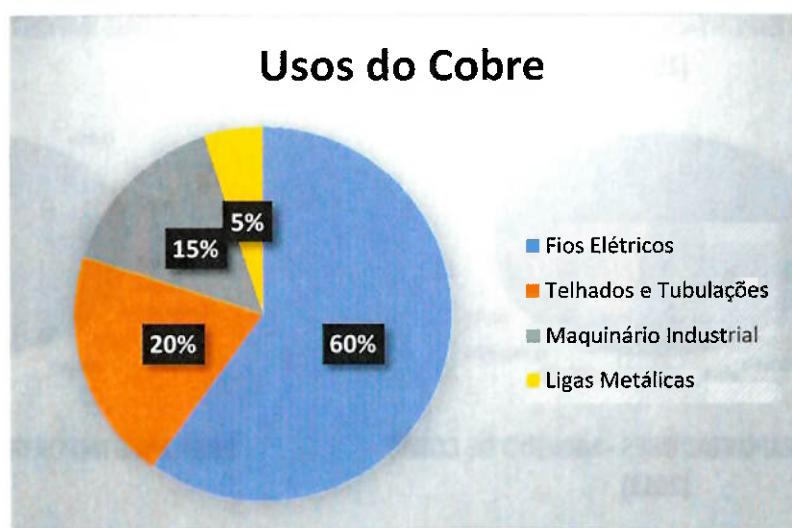


FONTE: OBSERVATORY OF ECONOMIC COMPLEXITY

1.3. Principais Aplicações

O cobre puro tem suas aplicações na indústria divididas entre fios elétricos (60%), fabricação de telhados e tubulações (20%) e maquinário industrial (15%). Além disso, 5% do cobre produzido é utilizado na formação de ligas metálicas como latão e bronze. O Gráfico 2 a seguir ilustra essa distribuição.

GRÁFICO 2 – PRINCIPAIS USOS DO COBRE



FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Apesar de outros materiais serem capazes de desempenhar esta função, o cobre ainda é o condutor de eletricidade mais utilizado em praticamente todas as categorias de fiação elétrica, com exceção de transmissão de energia por cabos suspensos, onde é preferível o uso de alumínio.

Fios de cobre são utilizados na geração de energia elétrica, na transmissão (via subterrânea) de energia, na distribuição de eletricidade, em telecomunicações, circuitos eletrônicos, motores elétricos e diversos outros tipos de equipamentos elétricos. Isso se deve às múltiplas propriedades benéficas inerentes ao material, como alta condutividade elétrica, ductilidade, resistência à deformação e corrosão, baixo coeficiente de dilatação, alta condutividade térmica e facilidade de instalação.

Além disso, a alta durabilidade, alta resistência a corrosão e a grande capacidade de dissipar calor fazem do cobre um ótimo material para elementos arquitetônicos como telhados, espiras, domos, portas entre outros. Recentemente, o cobre também tem sido usado para revestimento de paredes, juntas de dilatação e produtos antimicrobianos para uso interno, como corrimãos, acessórios de banheiro e bancadas.

Por isso, a demanda por cobre está diretamente ligada à atividade industrial global e à construção de habitações, o que faz do preço do cobre um bom termômetro da atividade econômica como um todo. Quando a economia cresce, as pessoas têm maior renda, buscam consumir mais e adquirir moradia, e por isso indústrias que utilizam cobre como matéria prima devem comprar mais para conseguir produzir mais, o que faz com que o preço do cobre aumente. Por outro lado, se a economia está desaquecida, o mercado imobiliário tem menos

demanda, o consumo é reduzido e os estoques de minério crescem, fazendo com que seu preço diminua.

1.4. Cobre como Commodity

Para obter status de *commodity* e ser negociado como tal, o produto deve atender a certos requerimentos de qualidade. A CME (*Chicago Mercantile Exchange*) define que o cobre utilizado para liquidação de seus contratos futuros (que, como será visto mais adiante, são os produtos financeiros ligados a cobre mais negociados no mundo) deve seguir as especificações adotadas pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) para o cátodo de cobre eletrolítico de grau 1 (*Grade 1 Electrolytic Copper Cathode*).

A LME (*London Metal Exchange*) define que a composição química do cobre pode atender o critério da ASTM B115-10, o da BSI (*British Standards Institution*), denominado BS EN 1978:1998, ou o padrão GB/T 467-2010 (*Guobiao*), divulgado pela *Standardization Administration of China*. Todos estes padrões se referem a cátodo de cobre de alta pureza. O padrão de qualidade GB/T 467-2010 é exemplificado na Tabela 1 a seguir:

TABELA 2 – PADRÃO DE QUALIDADE GB/T 467-2010

Grupo de Elementos	Elemento	Conteúdo, % máxima	Conteúdo do grupo, % máxima	
1	Se	0.0020	0.0030	0.0030
	Te	0.0020		
	Bi	0.0020		
2	Cr	-	0.0015	
	Mn	-		
	Sb	0.0004		
	Cd	-		
	As	0.0005		
	P	-		
3	Pb	0.0005	0.0005	
4	S	0.0015	0.0015	
5	Sn	-	0.0020	
	Ni	-		
	Fe	0.0010		
	Si	-		
	Zn	-		
	Co	-		
6	Ag	0.0025	0.0025	
Total de Impurezas		0.0065		

FONTE: LME

2. O Hedge

O preço do cobre, assim como o de outras commodities minerais (e de outros ativos de modo geral), está sujeito a flutuações de mercado resultantes de variações em sua oferta e demanda. Diversos fatores podem fazer com que o preço do minério aumente ou diminua.

O produtor de cobre deve ter em mente que entre o momento em que foi determinada a viabilidade do projeto e o momento em que ele efetivamente começará a vender seu produto, muito tempo terá se passado, e há a possibilidade do projeto ser inviabilizado no caso de um movimento desfavorável no preço do minério. De maneira similar, uma indústria que precisa comprar cobre pode ter grandes prejuízos com movimentos positivos no preço.

O produtor de cobre (mineradora) e o utilizador de cobre (indústria), portanto, fazem parte da categoria de investidores denominada *Hedgers*. O *hedge* consiste em fixar previamente o preço que o cobre será vendido quando a produção for finalizada (ou o preço que o cobre será comprado quando a indústria estiver pronta para se tornar operacional). Este preço é fixado através de um contrato, normalmente um derivativo, que pode ser elaborado de diversas maneiras, como será visto mais à frente.

A contraparte da mineradora poderá ser um especulador, que acredita que o preço do cobre ainda pode subir mais e por isso quer estar sujeito a este risco, ou um arbitrador, que tem acesso a outras contrapartes interessadas em comprar cobre por preços ligeiramente mais elevados, resultando para este tipo de investidor em um pequeno lucro em cada transação.

2.1. Derivativos

Derivativos são contratos financeiros negociados entre duas partes cujo preço deriva do preço de um determinado ativo ou grupo de ativos. *Hedgers* normalmente utilizam dois tipos de derivativos para proteger o preço e, por consequência, a viabilidade de sua produção: os contratos futuros, que podem ser do tipo *forward* (negociado “em balcão”) ou *future* (negociado em bolsa), e as opções, divididas em *calls* (opções de compra) e *puts* (opções de venda).

2.1.1. Forward Contracts

Um derivativo do tipo *forward* consiste no acordo entre duas partes de comprar ou vender um determinado ativo em uma determinada data futura por um preço especificado. Ele

se diferencia do contrato de *spot*, que consiste no acordo de comprar ou vender um determinado ativo na data da negociação, com pronta entrega (da commodity, da moeda ou da ação). Portanto, o vendedor de um *forward* deverá ter o ativo negociado pronto para entrega para o comprador na data determinada, e o comprador deverá ter a moeda em que o contrato será liquidado pronta para entrega nessa mesma data.

2.1.2. Future Contracts

Um derivativo do tipo *future* se assemelha ao *forward*, pois também consiste num acordo entre duas partes de comprar ou vender determinado ativo por um preço previamente fixado em uma determinada data futura. Porém, *futures* são necessariamente negociados em bolsa, com datas de vencimento e quantidade de material (no caso de futuros de commodities minerais) por contrato padronizadas. Esses tipos de contratos normalmente não atendem às demandas de mineradoras, pois estas precisam de prazos e quantidades variados para proteger o preço de sua produção.

Contudo, a negociação em bolsa fornece liquidez ao mercado para bancos e empresas negociadoras de commodities, que fornecem contratos personalizados para as mineradoras, fazem um *hedge* imperfeito na bolsa e administram o risco residual. Isso possibilita que mais empresas atuem neste mercado, o que resulta em preços melhores nos contratos de *forward* personalizados para as empresas de mineração.

As duas principais instituições que disponibilizam contratos futuros de cobre para negociação, regulando e organizando este mercado são a CME (*Chicago Mercantile Exchange*) e a LME (*London Metal Exchange*). Na CME, o contrato futuro de cobre se refere à quantidade de 25,000lb do minério (cerca de 11.3t) e seu preço é negociado em centavos de dólar americanos por libra. Na LME, um contrato futuro de cobre equivale a 25t, e é negociado em dólares americanos por tonelada.

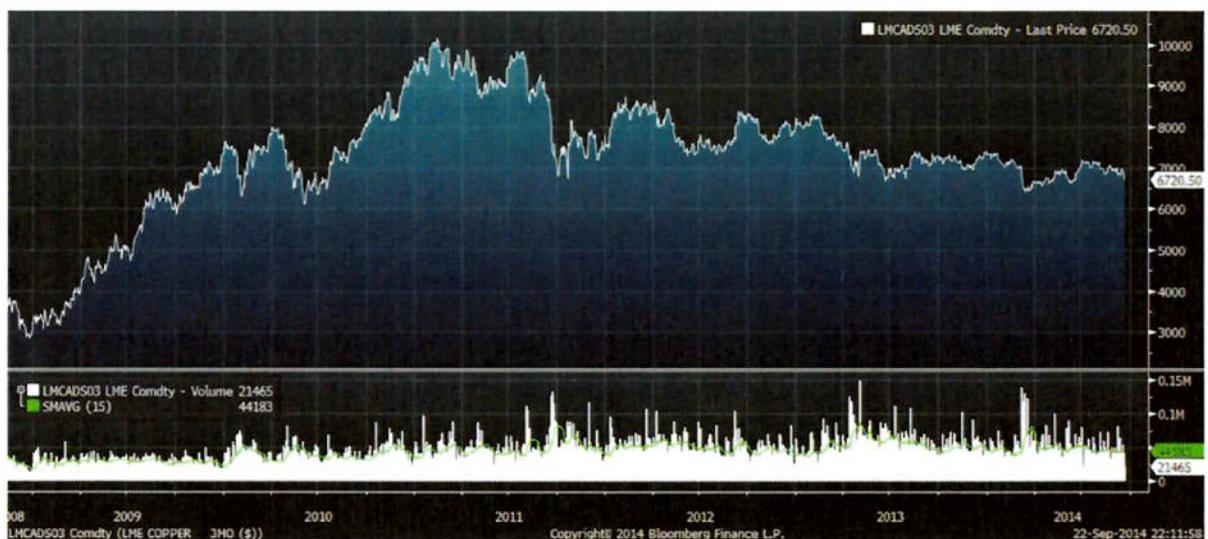
Na CME, os contratos têm vencimento fixo. Isso significa que, em um dado mês, será possível negociar cobre com vencimento no primeiro dia de cada um dos 23 meses seguintes, além de contratos para os meses de março, maio, julho, setembro e dezembro para os próximos 5 anos. Os contratos mais líquidos (negociados em maior volume e por mais indivíduos) são justamente os que vencem em março, maio, julho, setembro ou dezembro. A maior parte dos negócios ocorre no contrato com vencimento no mês mais próximo no momento. Por exemplo, em setembro, a maioria dos negócios é feita com vencimento dezembro, e uma pequena parte é feita para março do ano seguinte. Os demais contratos são

muito ilíquidos, ou seja, praticamente não têm negociação. A média de contratos futuros de cobre negociados diariamente na CME é de cerca de 50,000 contratos.

Os contratos futuros de cobre negociados na *London Metal Exchange* têm vencimentos livres. Ou seja, a data de entrega varia conforme o dia em que o contrato é negociado. Existem contratos com vencimentos 3, 15, 27, 63 e 123 meses. Porém, a grande maioria dos negócios é fechada no vencimento 3 meses, com cerca de 45,000 contratos por dia.

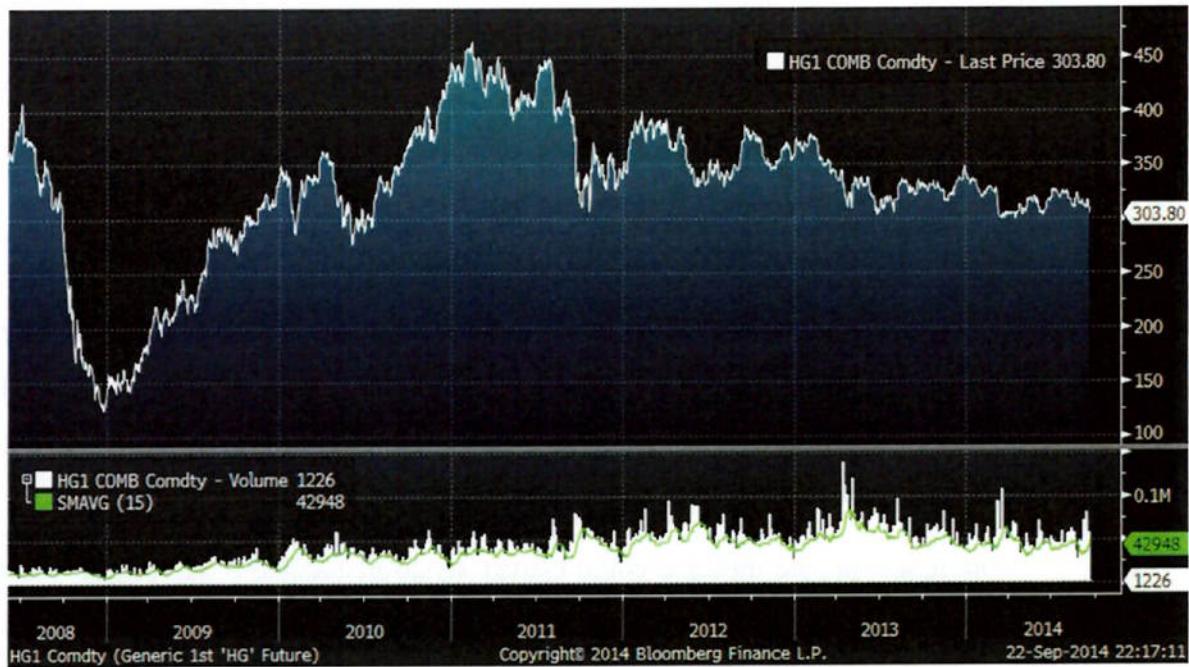
Os Gráficos 3 e 4 a seguir mostram histórico de preço e volume diário para os futuros de 3 meses de cobre na LME e para o primeiro futuro na CME. É importante notar, no entanto, que nem sempre o primeiro futuro é o mais líquido na CME. Em um dado mês de julho, por exemplo, o primeiro futuro será o contrato que vence em agosto, mas a liquidez estará no segundo futuro, que vence em setembro. É possível, portanto, observar os “picos” de volume quando o primeiro futuro é um dos meses líquidos quando se faz a análise dessa forma.

GRÁFICO 3 - CONTRATO FUTURO PARA 3 MESES NA LME (PREÇOS EM \$/TONELADA).



FONTE: BLOOMBERG

GRÁFICO 4 - PRIMEIRO FUTURO NA CME (PREÇO EM CENTS/LB).



FONTE: BLOOMBERG

2.1.3. Opções

Uma opção é um tipo de derivativo em que uma das partes (o comprador) paga um prêmio para obter um direito e a outra parte (o vendedor) recebe este prêmio para assumir um dever. O comprador da opção tem o direito, na data de vencimento, de comprar (no caso de uma *call*) ou vender (no caso de uma *put*) o ativo negociado pelo preço de *strike* negociado. O exercício da opção pode ou não ser vantajoso, dependendo do preço de mercado do ativo, e o vendedor da opção tem a obrigação de vender (ou comprar) este ativo pelo preço acordado caso o comprador deseje exercê-la. A compra de opções do tipo *put* é atrativa para empresas mineradoras, pois é possível fixar o mínimo preço de venda de seu minério sem deixar de ganhar mais no caso de uma alta muito grande nos preços, como será mostrado no exemplo mais adiante.

2.2. Exemplos de *hedge*

2.2.1. Exemplo de *hedge* com contrato *Forward*

Suponha que o cobre está sendo negociado a \$3.17/lb. A empresa de mineração ABC, quando realizou os estudos de viabilidade de sua mina que produzirá 30,000 t/mês de cobre, chegou à conclusão que, com o cobre acima de \$3.00/lb, a produção seria viável. Faltando seis meses para o minério começar a ser produzido, o gerente da empresa entrou em contato

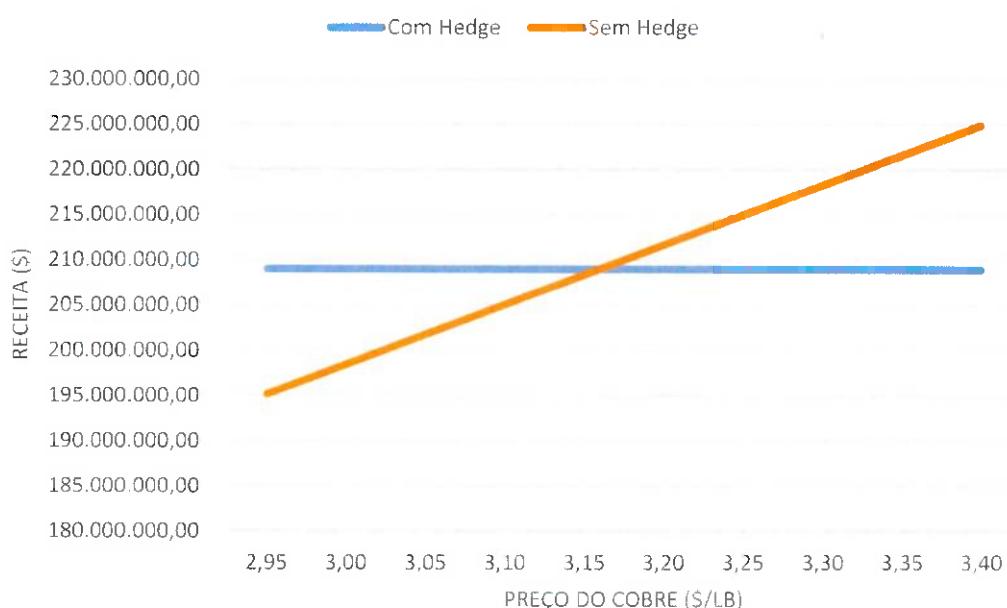
com um banco, que lhe informou que comprava contratos futuros de cobre para sete meses por \$3.16/lb. Ao vender o cobre futuro para o banco, a empresa de mineração garante que, dentro de sete meses (ao final do primeiro mês de produção), ela entregará sua produção mensal ao banco e receberá em troca o valor de \$209,034,000.00.

Se daqui a sete meses, o cobre estiver sendo negociado a \$3.25/lb, o banco lucrará (contanto que já não tenha vendido o cobre a mercado, com outro contrato futuro), pois terá comprado, e recebido, o cobre a \$3.16/lb e poderá vendê-lo no mercado com um lucro de quase 6 milhões de dólares. A empresa, por sua vez, receberá o valor previamente acordado pela produção, e a alta no preço do cobre não a afetará positivamente.

Porém, se em sete meses o cobre estiver sendo negociado a \$2.95/lb, a empresa terá garantido a viabilidade de sua mina, recebendo o valor acordado anteriormente em vez de vender o cobre ao presente preço, inferior ao desejado. O banco, se não tiver vendido o cobre a mercado anteriormente, receberá a produção da empresa, e venderá essa produção a mercado por um valor muito inferior, perdendo aproximadamente 14 milhões de dólares na transação.

O Gráfico 5 abaixo ilustra o valor recebido pela empresa para diversos preços de mercado do cobre ao final do primeiro mês de produção na hipótese dela ter feito ou não o *hedge*:

GRÁFICO 5 – RECEITA DA ABC AO FINAL DO PRIMEIRO MÊS DE PRODUÇÃO



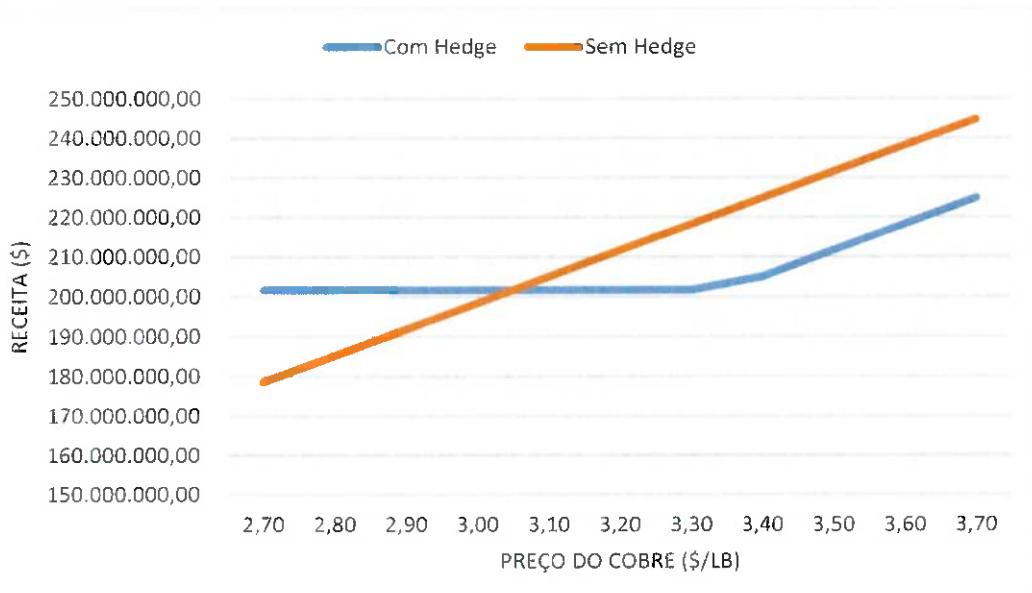
FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

2.2.2. Exemplo de *hedge* com opções

Agora suponha que, nas mesmas condições de mercado do exemplo anterior, a empresa ABC tenha decidido fazer o *hedge* com opções de venda, também conhecidas como *puts*. Faltando seis meses para o início da produção, o gerente pede ao banco preço para uma *put* vencendo dali a 7 meses, com valor equivalente a 30.000t de cobre, e *strike* a \$3.35/lb. Isso significa que a empresa deseja obter o direito de vender, dentro de 7 meses, 30.000t de cobre a \$3.35/lb. É importante ressaltar que, por se tratar de um direito, e não uma obrigação da parte da empresa, ela pode optar por não exercer a opção caso o preço de mercado no momento da liquidação seja mais favorável.

O banco, por sua vez, estará assumindo uma obrigação. Caso a empresa deseje exercer sua opção no vencimento, o banco deverá comprar 30.000t de cobre no preço de *strike*, ou seja, \$3.35/lb. Por isso, o banco cobra um prêmio da empresa. Este prêmio, informado ao gerente da empresa, foi, neste caso, de \$0.30/lb. Portanto, na pior das hipóteses, a empresa venderá sua produção a \$3.35/lb e pagará ao banco \$0.30/lb, resultando em um preço de \$3.05/lb, superior ao preço mínimo para garantir sua viabilidade do projeto. Porém, diferentemente do *hedge* com contrato *forward*, os ganhos da ABC não ficam limitados, e se o cobre se apreciar significativamente, os ganhos da empresa serão maiores, como mostra o Gráfico 6 a seguir:

GRÁFICO 6 – RECEITA DA ABC AO FINAL DO PRIMEIRO MÊS DE PRODUÇÃO



FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

2.3. Precificação de futuros de *commodities*

John Hull (*Options, Futures and other Derivatives, 7th Edition*) divide, para fim de precificação de futuros, *commodities* entre ativos de investimento e ativos de consumo. Ativos de investimento são aqueles que não são necessariamente adquiridos apenas com propósito de investimento por todos os indivíduos, mas por alguns, e estes indivíduos estão sempre prontos para vender seus ativos e comprar contratos *forward* se esta alternativa se mostrar mais vantajosa do ponto de vista financeiro. Exemplos de ativos desse tipo são o ouro e a prata. Primeiramente, serão abordados os futuros de ativos de investimento, e então, os futuros de ativos de consumo.

Para precisar futuros de *commodities*, deve-se pensar no que o banco de investimento que oferece o *hedge* para as empresas mineradoras fará ao assumir o risco de mercado da produção de minério. Como foi visto no exemplo anterior, há grande volatilidade no possível resultado da operação de *hedge* para o banco de investimento. Essa volatilidade é indesejável para acionistas e por isso, o banco também deve fazer seu próprio *hedge*, por outros mecanismos. Este *hedge* consiste em tomar emprestado o ativo em questão de alguém que detenha reservas dele e vender este ativo no mercado de *spot*, para pronta entrega. O empréstimo deverá durar até o fim da operação de *hedge* da mineradora, quando o banco, ao receber o ativo comprado, poderá devolvê-lo a seu credor. Normalmente, bancos centrais têm reservas grandes de ativos de investimento como ouro e prata, e estão dispostos a emprestar estes ativos com o intuito de obter renda com essas reservas.

Pelos argumentos de não-arbitragem descritos por John Hull, o valor obtido com a venda do ativo *spot* pelo banco será aplicado à taxa livre de risco até o vencimento da operação com a mineradora, quando ele terá que pagar pela produção *hedgeada*. Assim, o preço F_0 do futuro será dado por:

$$F_0 = (S_0 + U)e^{rT}$$

Onde S_0 é o preço *spot* do ativo, r é a taxa livre de risco (dada pela taxa de juros à qual bancos emprestam dinheiro uns aos outros em uma determinada economia), U é o valor presente dos custos do empréstimo do ativo, acrescidos dos custos de estocagem do mesmo e T é o período para o qual o futuro será negociado.

Para provar que o preço dos futuros destas *commodities* deve ser determinado pela fórmula acima, são consideradas algumas estratégias de arbitragem que se tornam possíveis se o preço praticado pelo mercado for outro.

Suponha que o preço praticado no mercado seja dado pela equação a seguir:

$$F_0 > (S_0 + U)e^{rT}$$

Um arbitrador que identifique esta distorção no preço do futuro poderá:

1. Tomar emprestado o valor de $S_0 + U$ à taxa livre de risco r para comprar uma unidade da *commodity* e pagar os custos de estocagem.
2. Vender um contrato futuro sobre uma unidade da *commodity*.

Esta estratégia resulta em um lucro para o arbitrador no valor de $F_0 - (S_0 + U)e^{rT}$ no momento T , e pode ser implementada sem problemas para qualquer *commodity*. No entanto, conforme os arbitradores forem atuando neste mercado, haverá uma tendência de alta para S_0 (preço do *spot*) e uma tendência de baixa para F_0 (preço do futuro) até que a equação acima deixe de ser verdade. Assim, é possível concluir que esta situação não pode se sustentar por um período significante de tempo.

Suponha, por outro lado, que o preço praticado seja dado pela seguinte equação:

$$F_0 < (S_0 + U)e^{rT}$$

A estratégia empregada pelos investidores que dispõem de reservas da *commodity* nesta ocasião será a seguinte:

1. Vender a *commodity*, economizando os custos de estocagem e investindo o valor obtido à taxa livre de risco.
2. Comprar o contrato futuro da *commodity*.

O resultado será um lucro livre de risco no momento T no valor de $(S_0 + U)e^{rT} - F_0$ em relação à estratégia oposta de manter a *commodity* estocada. Portanto, esta situação também não se mantém por muito tempo, e assim, o preço de equilíbrio que deverá ser praticado no mercado é:

$$F_0 = (S_0 + U)e^{rT}$$

Commodities que têm comportamento de ativos de consumo (tradicionalmente, o cobre se enquadra nesta categoria) normalmente têm altos custos de estocagem e não proporcionam renda na forma de empréstimos, portanto o U será determinado de maneira

diferente. Além disso, detentores de ativos de consumo, por definição, não estão dispostos a vender suas reservas e comprar posição equivalente em contratos futuros no momento em que isso se torna financeiramente vantajoso, pois o detentor destas reservas planeja usá-las de algum modo. Indústrias que utilizam cobre, como construtoras, não estão prontas para vender o cobre que elas possuem no mercado de *spot* e comprar contratos futuros pois contratos futuros não podem ser usados na fiação de casas.

Por isso, para uma *commodity* de consumo, a estratégia de arbitragem que consiste em vender a *commodity* no mercado de *spot* e comprar um contrato futuro não é aplicada, e a seguinte equação se torna válida:

$$F_0 \leq (S_0 + U)e^{rT}$$

2.4. Rendimento de Conveniência

Como visto anteriormente, o preço do futuro de uma *commodity* de consumo não obedece necessariamente a igualdade:

$$F_0 = (S_0 + U)e^{rT}$$

Isso ocorre pois indivíduos que empregam estas *commodities* consideram que a posse das mesmas traz benefícios que não podem ser obtidos por aqueles que detém apenas contratos futuros sobre elas. Por exemplo, uma indústria produtora de fios elétricos não considera equivalente a posse de contratos futuros de cobre e o metal fisicamente em seu armazém. O metal, ao contrário do contrato futuro, pode efetivamente ser usado no processo de produção de fios. A posse do ativo físico em estoque permite que a indústria continue produzindo e lucrando mesmo que ocorra uma escassez temporária de cobre, garantia que não existe com um contrato futuro.

Os benefícios de manter um estoque físico da *commodity* podem ser quantificados através do chamado rendimento de conveniência (*convenience yield*), expresso pelo y na seguinte fórmula:

$$F_0^{yT} = (S_0 + U)e^{rT}$$

O rendimento de conveniência y mensura, portanto, o grau em que o preço do futuro poderá ser menor que $(S_0 + U)e^{rT}$ em razão da preferência dos detentores de *commodities* de consumo de manter estoques das mesmas. Para ativos de investimento, o rendimento de conveniência deverá ser zero, para evitar oportunidades de arbitragem. Para ativos de

consumo que apresentam expectativa futura de escassez, o rendimento de conveniência poderá inclusive superar os custos de estocagem e o custo de oportunidade do capital (expresso pela taxa livre de risco), fazendo com que o preço do futuro seja mais baixo do que o preço do *spot*.

3. Fatores determinantes do preço do cobre

Como todo ativo negociado na economia, o cobre tem seu preço determinado pela oferta e demanda dos agentes de mercado. A oferta pode ser representada pela produção das empresas mineradoras ao redor do mundo, e a demanda, pela produção das indústrias que utilizam o cobre como matéria-prima. Como visto anteriormente, tanto produtores como consumidores de cobre procuram diminuir seus riscos através de *hedges* com bancos de investimentos, que por sua vez, fazem seu *hedge* com outros bancos utilizando derivativos como contratos futuros e opções. Deste modo, as forças de oferta e demanda se refletem no mercado de futuros de cobre negociados em bolsa, preferidos pelos bancos para *hedgear* suas posições devido ao alto volume negociado, que proporciona boa liquidez.

Por isso, os movimentos no preço do futuro de cobre negociado em bolsa refletem com fidelidade os movimentos no preço praticado entre produtores e consumidores do metal. Por este motivo, foram utilizados para análise os históricos de preço dos contratos mais líquidos de futuro de cobre da CME e da LME, bem como o preço *spot* do cobre publicado diariamente pela LME, em dólares americanos por tonelada, baseado nas transações no mercado *spot*.

3.1. Atividade Industrial

Como foi mostrado anteriormente, o cobre tem inúmeras aplicações na indústria, sendo imprescindível em diversas etapas da produção industrial desde a geração e transmissão de energia elétrica até a construção de máquinas e equipamentos industriais, passando pela própria estrutura física de fábricas e galpões. Por isso, a demanda por minerais base como o cobre é muito influenciada pela produção industrial ao redor do mundo, principalmente em países como os Estados Unidos e, mais recentemente, a China.

Um dado econômico extremamente relevante para analisar como está a indústria de um país é a Produção Industrial. Nos EUA, o relatório de Produção Industrial traz dados sobre

o ritmo da atividade da indústria separados por tipo (mineração, bens de consumo duráveis, química etc.) e por grupo de mercado (produto final, produto intermediário e matérias-primas), baseado no volume produzido pelas diferentes categorias industriais presentes nos Estados Unidos. O órgão chinês para levantamento de estatísticas faz uma análise semelhante, denominada *Value Added of Industry*. Dados de produção industrial são tão importantes que operadores do mercado de *commodities* minerais como o cobre acompanham cada divulgação, com o objetivo de detectar tendências na atividade industrial global para prever tendências nos preços destas *commodities*.

O gráfico 7 mostra um histórico do índice de produção industrial americano para bens duráveis, que exclui da análise a produção mineral. Neste gráfico, é possível ver como anos consecutivos de crescimento constante na produção industrial americana (linha verde) entre 2003 e 2007 contribuíram para um aumento de 460% no preço do cobre (linha branca) no período. Em 2003, o cobre era negociado a cerca de \$1,700.00 por tonelada e em 2007, seu preço chegou a \$8,700.00 por tonelada. Entre 2007 e 2008, com a crise dos *subprimes* nos EUA e no mundo, a produção industrial americana teve períodos consecutivos de queda, e é possível observar semelhante queda no preço do cobre neste período. Com a crise, muitas pessoas perderam o emprego, e com isso, o nível de consumo caiu. Sem ter para quem vender seus produtos, a indústria desacelerou e passou a usar menores quantidades de matéria-prima, inclusive cobre. Com isso, os estoques de metal cresceram e o cobre perdeu valor.

GRÁFICO 7 – ÍNDICE DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS EUA.



FONTE: BLOOMBERG

GRÁFICO 8 - VARIAÇÃO ANUAL DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL NA CHINA.



FONTE: BLOOMBERG

De forma semelhante, é possível observar, através do Gráfico 8, como o crescimento da indústria chinesa (representado pela linha verde) afetou os preços do cobre (linha branca) ao longo dos últimos 20 anos. É interessante observar também que desde 2012, o crescimento da indústria na China vem perdendo força. Com isso, o preço do cobre (bem como o de outros minerais que servem como base para a indústria) vem caindo lentamente ao longo dos últimos 3 anos. Em 2012, uma tonelada de cobre valia cerca de \$8,000.00 e em setembro de 2014, o cobre vem sendo negociado a \$6,700.00 a tonelada.

3.2. Construção Civil

A indústria que mais emprega cobre é a de construção civil. Nos EUA, cerca de 46% de todo o cobre consumido é utilizado na construção de prédios, dois terços dos quais são residenciais. A construção de uma casa para uma família necessita, em média de 200kg de cobre, na forma de fiação elétrica, encanamento, entre outros usos.

Por isso, é possível medir a demanda por cobre a partir do número de casas sendo construídas em um determinado momento. O U.S. Census Bureau publica periodicamente estatísticas sobre o número de casas que começaram a ser construídas, número de casas vendidas, entre outros indicadores sobre moradia nos Estados Unidos. O dado *Housing Starts*, publicado trimestralmente, mostra quantas casas começaram a ser construídas no período em questão. Este número reflete o otimismo em relação à economia pois quanto mais pessoas têm confiança suficiente no futuro da economia para comprar uma casa, mais casas precisarão ser construídas. Além disso, o dado reflete a quantidade efetiva de cobre utilizado na sua maior aplicação, e por isso é determinante para quantificar sua demanda.

GRÁFICO 9 - HOUSING STARTS, EM MILHARES DE UNIDADES POR TRIMESTRE.



FONTE: BLOOMBERG

O Gráfico 9 mostra que antes do preço do cobre começar a cair, em 2007, o número de habitações sendo construídas já havia atingido seu pico e estava começando a decrescer. A mecânica deste fenômeno pode ser explicada da seguinte maneira: com a atividade econômica em um bom momento, empresas de construção civil aumentaram as encomendas de produtos derivados do cobre para aumentar sua capacidade de construir casas. Indústrias aumentaram seus estoques de produtos derivados do cobre para conseguir atender à demanda destas empresas, comprando mais cobre para conseguir produzir mais. Isto fez com que o preço do cobre se elevasse.

Com a diminuição na demanda por casas, empresas de construção civil diminuíram o ritmo de novas construções, diminuindo também a compra de equipamentos, fiação, tubulação, para não acumular estoques. Com a diminuição da demanda por produtos que têm cobre em sua composição, a indústria deixou de comprar o metal, e aqueles que detinham grandes estoques passaram a vendê-los, resultando na queda do preço do cobre observada no gráfico.

3.3. Reserva de Valor

Outra dinâmica interessante observada no preço do cobre recentemente se originou na crise de confiança norte-americana que começou em 2008. Além de afetar diretamente a demanda por matéria-prima devido à diminuição no consumo, a crise de 2008 exigiu que o governo americano adotasse estímulos à economia como diminuição de taxas de juros e injeção de capital na economia através dos programas de *Quantitative Easing*, nos quais grandes quantidades de dólares foram disponibilizadas para o mercado através de recompras periódicas de títulos públicos e redução no depósito compulsório dos bancos.

Com grande oferta da moeda na economia, o dólar passou a se desvalorizar diante os demais ativos do mercado após o início da crise (entre 2009 e 2011), como evidenciado no Gráfico 10 a seguir, que retrata o Dollar Index, índice que compara o dólar americano às principais moedas do mundo com o objetivo de analisar a economia americana em relação à economia global.

Como o preço do cobre (e das demais *commodities* negociadas em bolsa) se dá em dólares americanos, automaticamente, os preços aumentaram. Mas além disso, *commodities* base, que não eram consideradas ativos de investimento, passaram a funcionar como tal, adquirindo status de Reserva de Valor. Segundo a Teoria Quantitativa da Moeda, em períodos de crise e baixo crescimento, em que ocorre forte desvalorização da moeda, *commodities* passam a constituir um ativo seguro para investir. O exemplo mais tradicional deste tipo de ativo é o ouro, e o Gráfico 11 mostra como o preço do cobre (em branco) passou a se comportar de maneira semelhante ao preço do ouro (em amarelo) com a crise de confiança de 2008. Após sofrer violenta desvalorização por causa da queda brusca de demanda proveniente da crise econômica, o cobre voltou rapidamente a se valorizar pois passou a ser considerado ativo de investimento.

GRÁFICO 10 - DOLLAR INDEX.



FONTE: BLOOMBERG

GRÁFICO 11 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PREÇOS DO COBRE E DO OURO.



FONTE: BLOOMBERG

3.4. A Dinâmica do Preço do Cobre e o Convenience Yield

No capítulo sobre a precificação do futuro de cobre, foi definido o *Convenience Yield*, parâmetro que quantifica, em ativos de consumo, a preferência dos detentores destes ativos por manter estoques físicos a contratos futuros sobre estes ativos, pelo simples motivo de que, no caso de escassez do recurso em questão, o estoque físico permitirá que a produção a partir deste recurso continue, enquanto um contrato futuro em nada auxiliará.

O *Convenience Yield* é representado pelo y na fórmula

$$F_0^{yT} = (S_0 + U)e^{rT}$$

Se U (custos de estocagem e de empréstimo) for dependente do preço do ativo e do período pelo qual ele incide, o que é verdade na maioria dos casos, pode-se dizer que

$$F_0 = S_0 e^{(r+U-y)T}$$

Dessa forma, é possível definir um *Convenience Spread*, $CS = y - (r + U)$, que representa a magnitude na qual o *Convenience Yield*, ou seja, a preferência por estoques físicos, supera os custos de estocagem do material e o custo de oportunidade. O CS pode ser calculado utilizando o preço do *spot* do cobre e o preço do futuro para um determinado vencimento através da seguinte fórmula:

$$CS = -\frac{1}{T} \ln \left(\frac{F_0}{S_0} \right)$$

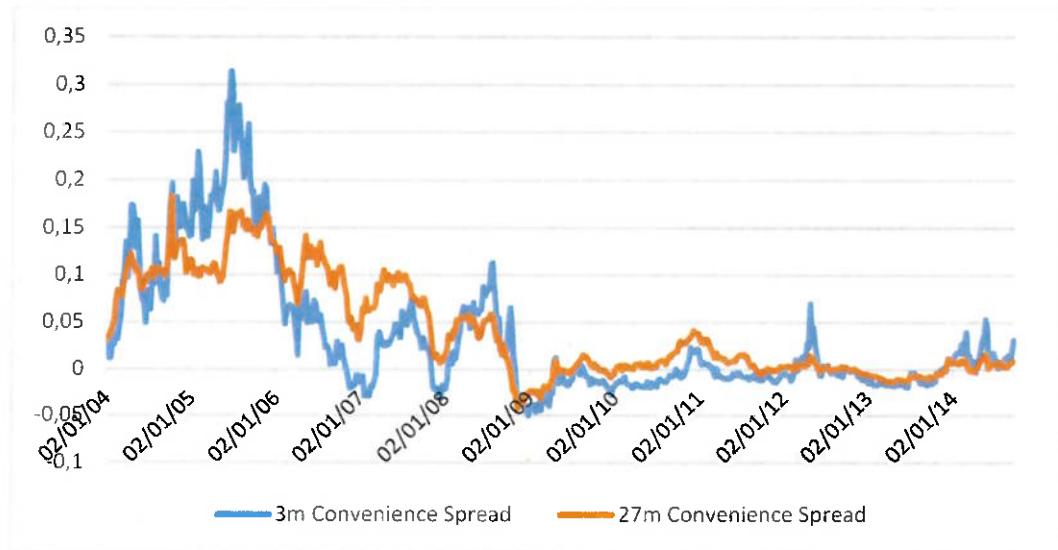
Um histórico dos *Convenience Spreads* do cobre utilizando como base os preços de futuros e *spot* praticados na LME a partir de 2004 é representado no Gráfico 12. Este gráfico comprova e elucida os efeitos da economia global sobre o preço do cobre ao longo dos últimos 10 anos.

De 2004 a 2006, o mundo viveu um período de forte crescimento econômico. A economia chinesa crescia vertiginosamente e o consumo ao redor do mundo era impulsionado por crédito abundante. A demanda por cobre neste período, portanto, era muito alta, e empresas que necessitavam de cobre para fazer seus produtos mantinham grandes estoques do metal para que não houvesse risco da produção parar. Isso é evidenciado pelo alto *Convenience Spread* praticado neste período, que alcançou um patamar superior a 0.3 em meados de 2005.

Em 2008, com a crise de confiança que assolou a economia global, a demanda diminuiu consideravelmente. Com isso, não havia mais necessidade de manter estoques físicos de matéria-prima, e o *Convenience Spread* praticado no mercado chegou a -0.05, o que significa que o cobre, nesse período, foi tratado essencialmente como um ativo de investimento, exatamente como o ouro, como foi visto na seção anterior.

Nos anos seguintes, o *Convenience Spread* do cobre permaneceu baixo, com alguns picos de curta duração, mas recentemente, com a expectativa de reaquecimento da economia americana e fim dos programas de *Quantitative Easing*, os *Convenience Spreads* crescem novamente, mostrando que o mercado está se preparando para um novo período de alta demanda.

GRÁFICO 12 – EVOLUÇÃO DOS CONVENIENCE SPREADS



FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

4. Conclusões

A partir dos dados levantados e das análises realizadas, foi possível chegar a duas conclusões distintas:

A primeira conclusão diz respeito à representatividade do mercado de contratos futuros de cobre negociados em bolsa em relação ao mercado de cobre praticado entre produtores e consumidores do metal. Analisando o funcionamento dos mecanismos de *hedge* adotados por empresas do setor de mineração e por bancos, fica claro que os contratos operados em bolsa, mesmo tendo seu acesso restrito a bancos e instituições financeiras,

refletem com fidelidade as decisões tomadas pelas empresas produtoras de cobre e indústrias de transformação que utilizam o cobre como matéria prima.

A segunda conclusão à qual foi possível chegar é a de que é possível analisar e quantificar a disposição de empresas a manter estoques de cobre (ou de outro ativo de consumo) a partir dos *Convenience Spreads*, e este parâmetro ilustra os momentos de alta e baixa demanda, bem como períodos de forte crise, determinando, para a empresa de mineração, qual o melhor momento para aumentar a produção, obtendo maiores receitas e qual o melhor momento para reduzir a produção, diminuindo custos.

Ambas conclusões apontam para a importância de se conhecer o que afeta o mercado de cobre e que instrumentos utilizar para aproveitar este conhecimento. Esta noção é essencial para a sustentação a longo prazo das atividades de mineração, pois os riscos de mercado constituem uma grande parte dos riscos corridos por uma empresa de mineração, e a negligência em relação a estes riscos é responsável pela inviabilização de inúmeros projetos e operações de mineração.

5. Referências Bibliográficas

Hull, John (2009). *Options, Futures and Other Derivatives, 7th Edition.*

Brown, Lester (2006). *Plan B 2.0: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble.* New York: W.W. Norton. p. 109. [ISBN 0-393-32831-7.](#)

Leonard, Andrew (2 March 2006). ["Peak copper?"](#). Salon – How the World Works.

Emsley, John (11 August 2003). [Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements.](#) Oxford University Press. pp. 121–125. ISBN 978-0-19-850340-8.

[Copper Alliance | Our mission is to defend and grow markets for copper based on its superior technical performance and its contribution to a higher quality of life worldwide.](#)
Copperinfo.com. Acessado em 14 de março de 2014

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/mcs-2014-coppe.pdf>

<http://www.cmegroup.com/trading/metals/base/copper>. Acessado em 22 de setembro de 2014

http://www.lme.com/metals/non-ferrous_copper/. Acessado em 22 de setembro de 2014

<http://www.vikingmineralsinc.com/copper-uses.html>. Acessado em 22 de setembro de 2014

<http://atlas.media.mit.edu/>. Acessado em 22 de setembro de 2014

"Chuquicamata-002" by Reinhard Jahn. Licensed under Creative Commons Attribution-Share
Alike 2.0-de via Wikimedia Commons -
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chuquicamata-002.jpg#mediaviewer/File:Chuquicamata-002.jpg>

"Pacific Ring of Fire" by Gringer (talk) 23:52, 10 February 2009 (UTC) - vector data from
[1]. Licensed under Public domain via Wikimedia Commons -
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pacific_Ring_of_Fire.svg#mediaviewer/File:Pacific_Ring_of_Fire.svg

<http://atlas.media.mit.edu/>. Acessado em 22 de setembro de 2014

"Chuquicamata-002" by Reinhard Jahn. Licensed under Creative Commons Attribution-Share
Alike 2.0-de via Wikimedia Commons -
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chuquicamata-002.jpg#mediaviewer/File:Chuquicamata-002.jpg>

"Pacific Ring of Fire" by Gringer (talk) 23:52, 10 February 2009 (UTC) - vector data from [1]. Licensed under Public domain via Wikimedia Commons -
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pacific_Ring_of_Fire.svg#mediaviewer/File:Pacific_Ring_of_Fire.svg