

# SWITCH OPTIONS IN INTEGRATED STEEL PLANTS

Vitor Luiz Cantanhede Neri

Department of Management, Ibmec Business School,  
Av. Presidente Wilson 118, Centro, Rio de Janeiro, 20030-020, RJ, Brazil  
rafaelbranco2@gmail.com

Luiz de Magalhães Ozorio

Department of Management, Ibmec Business School,  
Av. Presidente Wilson 118, Centro, Rio de Janeiro, 20030-020, RJ, Brazil  
lmozorio@ibmecrj.br

## ABSTRACT

In determining an investment viability and the need for comparison of alternatives to the capital allocation, it is necessary to rely on tools that allow a decision more assertive. In a context of uncertainty, the methodologies used in practice, such as NPV, IRR and Discounted Payback, does not adequately address variations that may occur in determining factors of revenue and cost. In the study conducted by Ozorio et al (2011), using a Monte Carlo Simulation, the authors sustain the existence of product exchange value in integrated steel plants, based on the premise that the iron ore price changes occurs in a manner equivalent to that of steel. This study aims to extend our understanding of product exchange value, specifically modeling determinants of revenue and cost and what are the impacts of these, considering different stochastic movements.

*Keywords: Steel integrated plants, Investment decision, Real options, Switch Option, Monte Carlo simulation, Cholesky Decomposition.*

## 1. INTRODUCTION

Steel is an alloy of iron and carbon, which is obtained from the control of the carbon content in iron ore. The steel production process is composed of 5 steps, which are mining, reduction, steelworks, lamination and processing. The two most important inputs are iron ore and coal, being the charcoal used in some cases. The coal can play two roles in the production process: fuel and reducer.

Regarding types of industrial plants, there are the semi-integrated plant or mini-mills and the integrated plants, which may use coke or direct reduction. Optionally, the steel manufacturer plants can invest in equipment of lamination, gaining the ability to work with a diversified products mix. In this case, the lamination process happens reheating the steel and mechanically pressing it to generate higher value aggregate products.

These production processes outputs can be classified as semi-finished and finished (rolled), being this last category divided into flat rolled carbon, flat-rolled special/connected, rolled long carbon laminates and special plans/connected. The semi-finished outputs are used for the production of rolled products or by players in the chain of metal-mechanics, while the finished ones are used in various industries such as construction, transport and mechanical equipment.

The steel market verified the importance growth of China, which saw its participation in the production increase from 22.9% to 48.5% and in demand from 27.3% to 47.3 %, between the years of 2003 and 2013. Highly influenced by global economic growth, the price and the demand of steel are subject to high volatility, for example, the tonne of hot rolled steel that has been negotiated between US\$ 250.00 and US\$ 1,200 .00, from 2000 to 2009.

In the study of Ozorio et al (2011), the authors identify and evaluate the value of the product exchange option as a way to mitigate the volatility impact in the result of the sector companies,

since different outputs are demanded from different economy sectors, having different price variations, which are correlated, but not identical. This option has higher attractiveness, especially in the integrated industries case that, due to the product process characteristics, cannot exercise the production stoppage option.

In this article, we intend to broaden the understanding of product exchange option in the steel industry, modeling the determinants of revenue and cost of integrated industries projects. In the evaluation carried out by Ozorio et al (2011), it is assumed that the ore price changes occurs in a manner equivalent to that of steel, but recognition of the dynamics of change in iron ore, as well as the mineral coal, can play a fundamental impact in determining the feasibility of projects for blast furnaces and lamination equipment, since the importance of these two inputs to the production process of this segment is too high.

This work is structured as follows: after this introductory section, a bibliographic review of the Theory of Real Options is made. In the third section, an overview of the steel sector is presented, followed by section 4 where the case study is set and the parameters used in the simulation are detailed. In section 5 we discuss the results of the analysis and in section 6 the conclusions of the study are presented.

# **AVALIAÇÃO DE OPÇÕES DE TROCA DE PRODUTO NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA SOB INCERTEZA DE RECEITA E CUSTO**

**Vitor Luiz Cantanhede Neri**

Department of Management, Ibmec Business School,  
Av. Presidente Wilson 118, Centro, Rio de Janeiro, 20030-020, RJ, Brazil  
rafaelbranco2@gmail.com

**Luiz de Magalhães Ozório**

Department of Management, Ibmec Business School,  
Av. Presidente Wilson 118, Centro, Rio de Janeiro, 20030-020, RJ, Brazil  
lmozorio@ibmecrj.br

**Carlos de Lamare Bastian-Pinto**

Department of Management, Ibmec Business School — Rio de Janeiro,  
Av. Presidente Wilson 118, Centro, Rio de Janeiro, 20030-020, RJ, Brazil

## **RESUMO**

Na determinação da viabilidade de um investimento e a necessidade de comparação entre alternativas de alocação de capital, é preciso contar com ferramentas que possibilitem uma tomada de decisão mais assertiva. Em um contexto de incerteza, as metodologias mais utilizadas na prática, como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Payback Descontado, não tratam adequadamente variações que podem ocorrer em fatores determinantes da receita e do custo. No estudo realizado por Ozorio et al (2011), utilizando uma Simulação de Monte Carlo, os autores argumentam pela existência de valor na opção de troca de produto em siderúrgicas integradas, partindo da premissa que o reajuste do preço do minério ocorre de maneira equivalente ao do aço. No presente trabalho pretende-se ampliar o entendimento sobre opções de troca de produto, modelando especificamente fatores determinantes da receita e custo e qual os impactos destes ao se considerar diferentes movimentos estocásticos.

*Palavras-Chave: Indústria siderúrgica, Decisões de Investimento, Opções reais, Opções de Troca, Simulação de Monte Carlo, Decomposição de Cholesky.*

## **1. INTRODUCTION**

O aço é uma liga de ferro e carbono, que é obtido a partir do controle do teor de carbono no minério de ferro. O processo produtivo do aço é composto por 5 etapas, que são a mineração, redução, aciaria, laminação e processamento, sendo os dois insumos mais importantes o minério de ferro e o carvão mineral, sendo utilizado em alguns casos o carvão vegetal. O carvão pode desempenhar dois papéis no processo produtivo, o de combustível e o de redutor.

Quanto aos tipos de planta industriais, tem-se a usina semi-integrada ou mini-mills e as usinas integradas, que podem ser a coque ou a redução direta. Opcionalmente, as plantas de fabricação de aço podem investir em equipamentos de laminação, ganhando a possibilidade de trabalhar com um mix mais diversificado de produtos. Nesse caso, o processo de laminação acontece reaquecendo o aço e é mecanicamente prensado para gerar produtos de maior valor agregado.

Os outputs desse processo produtivo podem ser classificados como semiacabados e acabados (laminados), sendo esses últimos divididos em laminados planos ao carbono, laminados planos especiais/ ligados, laminados longos ao carbono e laminados planos especiais/ ligados. Os outputs semiacabados são utilizados para a produção de produtos laminados ou por players da cadeia de metal-mecânica, enquanto os acabados são usados em indústrias diversas como construção civil, transporte e equipamentos mecânicos.

O mercado de aço verificou o crescimento da relevância da China, que viu sua participação na produção aumentar de 22,9% para 48,5% e na demanda de 27,3% para 47,3%, entre os anos de 2003 e 2013. Altamente influenciado pelo crescimento econômico mundial, o preço e a demanda do aço estão sujeitos a grande volatilidade, a exemplo da tonelada do aço laminado a quente que foi negociada entre U\$ 250,00 e U\$ 1.200,00, no período de 2000 a 2009.

No estudo de Ozorio et al (2011), os autores identificam e avaliam o valor da opção de troca de produto como uma forma de atenuar o impacto dessa volatilidade no resultado das empresas do setor, já que os diferentes outputs são demandados por setores distintos da economia, tendo diferentes variações de preços, que são correlacionadas, mas não idênticas. Essa opção tem maior atratividade principalmente no caso das indústrias integradas que, em virtude das características de seu processo produtivo, não podem exercer a opção de parada da produção.

No presente artigo pretende-se ampliar o entendimento da opção da troca de produtos na indústria siderúrgica, modelando os fatores determinantes da receita e custo de projetos de indústrias integradas. Na avaliação realizada por Ozorio et al (2011), presume-se que o reajuste do preço do minério se dá de maneira equivalente ao do aço, porém reconhecimento da dinâmica de variação do minério de ferro, assim como do carvão mineral, pode desempenhar um impacto fundamental na determinação da viabilidade de projetos de altos fornos e de equipamentos de laminação, posto a importância desses dois insumos para o processo produtivo deste segmento.

Esse trabalho está estruturado da seguinte forma: após essa seção introdutória, é feita uma revisão bibliográfica da Teoria de Opções Reais. Na terceira seção, é apresentada uma visão geral do setor siderúrgico, seguida pela seção 4 em que o estudo de caso é definido e os parâmetros utilizados na simulação são detalhados. Na seção 5 são discutidos os resultados da análise e na seção 6 as conclusões do estudo são apresentadas.