

## Estudo da relação da competitividade na indústria de fundição de metais com a aplicação da tecnologia de simulação

Reinaldo Oliveira

Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – Unidade de Pós Graduação  
São Paulo – Brasil

[rjo.oliveira@yahoo.com.br](mailto:rjo.oliveira@yahoo.com.br)

Eng. Sirnei César Kach

Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria – RS

[sirneikach@hotmail.com](mailto:sirneikach@hotmail.com)

Eliana Santos de Oliveira

Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – Unidade de Pós Graduação  
São Paulo – Brasil

[santos.elianasantos@gmail.com](mailto:santos.elianasantos@gmail.com)

Prof. Msc. Lidiane Ribeiro da Veiga

Fundação Educacional Machado de Assis – Santa Rosa – RS

[lidiane@fema.com.br](mailto:lidiane@fema.com.br)

Prof. Dr. Antonio César Galhardi

Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza” – Unidade de Pós Graduação  
São Paulo – Brasil

[prof.galhardi@fatecjd.edu.br](mailto:prof.galhardi@fatecjd.edu.br)

**Resumo** – Este artigo descreve um estudo de múltiplos casos em três empresas do setor de fundição de metais no Brasil. Observa-se a relação da aplicação da tecnologia de simulação numérica do processo de fundição de metais com ganhos de competitividade a partir das entrevistas semiestruturadas com gestores da área de engenharia. A aplicação da simulação permite às empresas obter ganhos para a organização, tais como: redução nos custos de planejamento, projeto, processo e produção, evidenciando os resultados de forma antecipada, o que facilita e torna mais ágil a tomada de decisão, torna-se desta forma um diferencial competitivo para a organização que busca se manter e prospectar novos mercados para atuação.

**Palavras-chave:** Competitividade. Estratégia. Simulação. Fundição.

**Abstract** - This article describes a multiple case study of three companies in the metal casting industry in Brazil. Note the relationship of technology implementation of numerical simulation of metal casting with competitive gains from semi-structured interviews with managers in the engineering process. The application of simulation enables companies to achieve gains for the organization, such as: cost reduction in the planning, design, production process and showing the results in advance, which makes it easier and more agile decision making becomes thus a competitive advantage for the organization that seeks to maintain and prospect new markets for acting.

**Keywords:** Competitiveness. Strategy. Simulation. Foundry.

## 1. Introdução

As empresas estão inseridas em um ambiente altamente competitivo, o que faz com elas desenvolvam estratégias que proporcionem a continuidade do negócio. Dentre os aspectos que devem ser considerados estão às exigências quanto à qualidade do produto, prazos de entrega cada vez mais curtos e custos reduzidos constantemente.

Para poder atender estas exigências as empresas buscam desenvolver estratégias que contemplem os aspectos mencionados anteriormente. Suas estratégias devem atender as necessidades e os anseios de seus clientes, de forma que eles percebam que os produtos apresentam um diferencial competitivo.

Neste contexto, este artigo tem o objetivo de demonstrar como o uso de um software de simulação pode ser considerado uma fonte de vantagem competitiva para as organizações pesquisadas. O estudo tem como foco o setor de fundição de metais no Brasil, o qual é formado por aproximadamente 1,4 mil empresas, sendo que 95% destas tem perfil de pequeno e médio porte, que geram em torno de 68 mil empregos.

A produção de peças fundidas em ferro, aço e ligas não ferrosas se destina, principalmente, aos setores: automotivo, de máquinas, de equipamentos, de energia, ferroviário e mineração. Dentre as informações relevantes destaca-se que em 2012 o faturamento foi de mais de US\$ 13 bilhões, com exportações totais de US\$ 1,32 bilhão (Apex-Brasil, 2013).

A pesquisa torna-se relevante considerando que a produção brasileira de peças fundidas é de aproximadamente 3 milhões de toneladas anuais, o que colocou o Brasil na sétima posição do ranking entre os maiores produtores globais, com, aproximadamente, 60 mil empregos diretos. (CARDOSO et al., 2011)

A metodologia utilizada para a realização do estudo é a pesquisa bibliográfica, em que são abordados os fundamentos da estratégia e da competitividade; e o estudo de múltiplos casos em três empresas do ramo de fundição, através dos quais se obteve os resultados quanto a percepção da empresa em relação aos ganhos de competitividade que se obteve a partir do uso de um software de simulação numérica.

Desta forma, para o estudo atingir ao objetivo proposto, o artigo está estruturado da seguinte forma: referencial teórico, em que foram desenvolvidos os temas que embasam a pesquisa; metodologia, através da qual foi classificado o estudo e explanado como foram coletadas e tratadas as informações; o estudo de múltiplos casos, através do qual obteve-se através de entrevistas, as contribuições geradas pelo software para as empresas e a conclusão do estudo.

## 2. Referencial Teórico

Para Porter (1989) competir está na essência do negócio, pois a concorrência na indústria, seja qual for, é uma constante. E concorrer não somente com outras empresas do mesmo ramo, mas também disputar espaço no mercado com potenciais entrantes, substitutos, fornecedores e clientes. Uma disputa sistêmica, contra todos e contra si mesmo. Assim, apresenta-se o mercado contemporâneo, uma arena de contendidas onde ter um diferencial competitivo, que lhe traga vantagem competitiva, é a busca incessante necessária à sobrevivência do negócio. Assim sendo, competir é a causa e a consequência para a existência das empresas.

Chiavenato e Sapiro (2003) confirmam que competir está no cerne das organizações de mercado, que o novo século trouxe desafios competitivos, que resultam na geração de margens e retornos superiores. Os autores afirmam que há uma nova natureza da competitividade, nos ciclos econômicos, na velocidade das mudanças, na transnacionalidade do mundo, na globalização, na tecnologia da informação, num ambiente de trabalho mutável e na inovação, e em todas as consequências que vieram à tona com tudo isso.

Diferentes fases permearam a competição nos negócios. Desde a revolução industrial, que se iniciou pela disputa do mercado de commodities, passando pelo início do século XX e sua produção em massa, em que Henry Ford, Alfred Sloan Jr. e Chester Barnard, empírica ou teoricamente, impulsionaram o conhecimento sobre competição. A década de 1950, pós-guerra, é marcada pela introdução do planejamento estratégico como ferramenta para a competitividade, enquanto que na década seguinte desenvolve-se a análise SWOT. Ansoff e Steiner sistematizam

o planejamento estratégico, dinamizando-o e inserindo a noção de UEN (Unidades Estratégicas de Negócio). Hamel e Prahalad adotam o conceito de competências essenciais para criação de vantagem competitiva, e mais atualmente a flexibilização dos planejamentos dão a tônica para a competitividade. (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003).

Segundo Meneghetti (2002), para se obter e manter vantagem competitiva em relação à concorrência, as empresas devem estar atentas às práticas de mercado e as opções a serem praticadas no futuro, sendo necessária especial atenção aos investimentos, aos custos, ao investimento em novas tecnologias, ao incentivo à proatividade e ao pioneirismo em processos, procedimentos e produtos.

Ferraz, Kupfer e Haguenaer (1997) apud Quartucci (2007, p.32) conceituam competitividade como “a capacidade da empresa formular e implementar estratégias, concorrências (sic), que lhe permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado.”

Maramaldo (2000) define competitividade como sendo a melhor combinação possível entre satisfazer o mercado no qual a empresa atua e ganhar dinheiro, o que dá a indicação necessária para o processo decisório das organizações. Porém, são metas conflitantes, e atendê-las equitativamente passa a ser o desafio competitivo.

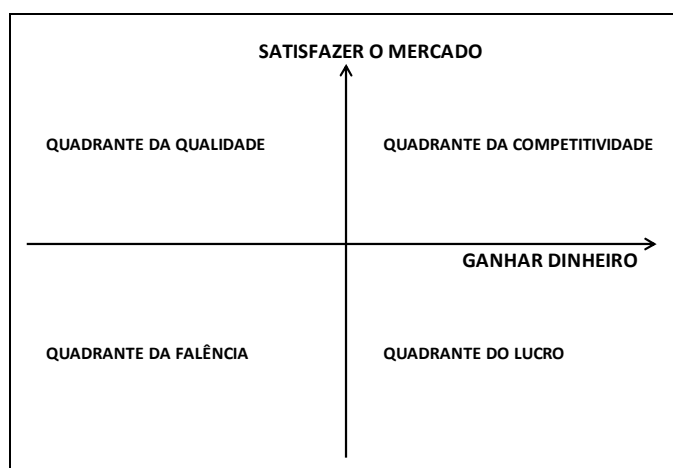
De acordo com Hitt, Ireland e Hoskisson (2003, p.144), para alcançar a competitividade estratégica e auferir retornos superiores à média, uma empresa deve analisar o seu ambiente externo, identificar as oportunidades nele existentes, determinar quais de seus recursos e capacidades internas são competências essenciais e selecionar a estratégia mais adequada para que seja implementada. Destacam ainda que estratégia “é um conjunto integrado e coordenado de compromissos e ações cujo objetivo é explorar as competências essenciais e alcançar uma vantagem competitiva.”

Para visualizar o nível de competitividade de uma empresa, Maramaldo (2000) aponta que é essencial um comparativo com seus principais concorrentes. Para realização desse comparativo são necessários dois indicadores básicos: a satisfação de Mercado, que define a expansão da empresa em relação a seus concorrentes e o crescimento no faturamento nos últimos cinco anos; e ganhar dinheiro, quando os resultados líquidos são comparados nos últimos cinco anos, para verificar se houve crescimento significativo.

De acordo com o Autor, ao satisfazer os clientes, obter os níveis de faturamento e lucro desejáveis, é possível identificar que a empresa é competitiva, sendo necessário para isso relacionar o desempenho da empresa sob quaisquer condições externas de mercado, o que determinará o seu sucesso ou fracasso.

O Modelo da Dinâmica da Competitividade, apresentado por Maramaldo (2000), indica que a busca da vantagem competitiva pode resultar em quatro possibilidades diferentes que estão divididas em quatro quadrantes: o da qualidade, da competitividade, da falência e do lucro; conforme está ilustrado na Figura 1.

Figura 1: O modelo da dinâmica da competitividade



Fonte: Maramaldo (2000).

O quadrante da falência é representado pelas organizações que não satisfazem o mercado e nem ganham dinheiro, isto é, não sobreviverão às exigências competitivas do mercado. Já empresas que procuram atender os requisitos dos clientes e conseqüentemente estão satisfazendo o mercado, podem estar saindo da situação do quadrante anterior, e ainda não ganhar dinheiro, mas estarão caminhando nesta direção.

Outro caminho a ser adotado é o da diminuição repentina de custos, que podem gerar insatisfações no mercado consumidor e positivamente no ganhar dinheiro, pelo aumento da margem de contribuição, reposicionando à empresa para o quadrante do lucro. Este quadrante, segundo o Autor, é arriscado, pois pode levar à perda de clientes, e em curto prazo à insustentabilidade da condição de caixa positivo. (MARAMALDO, 2000).

O quadrante ideal e satisfatório é o da competitividade, em que as duas metas, apesar de conflitantes, são atendidas, proporcionando a condição de competitividade desejada. Os dados empíricos coletados para esta pesquisa corroboram com esta busca, assim como a eficiência do processo de produção, quanto a minimização de erros e de tempo, o que decorre da eficiência produtiva, e conseqüente proporciona a diminuição dos custos e o aumento da margem, alcançando o que o Autor indicou como sendo necessário para adentrar ao quadrante da competitividade. (MARAMALDO, 2000).

Prahalad e Hamel (2005) apresentam outra possibilidade pela busca da competitividade, por três meios diferentes: a reestruturação do portfólio e downsizing, a reengenharia de processos e melhoria contínua, e por último, a reinvenção dos setores e regeneração de estratégias.

A perda da liderança por diversas empresas que não acompanharam as mudanças, principalmente tecnológicas, vieram acompanhadas da necessidade de transformação organizacional, que por sua vez carregavam o downsizing, redução de despesas administrativas, *empowerment*, redesenho de processos e racionalização de portfólio. Apesar de importantes, nenhuma destas iniciativas é capaz de angariar novamente a posição de liderança, nem no presente e nem no futuro. (PRALAHAD e HAMEL, 2005).

Como alternativa para a busca da competitividade pela reestruturação, as empresas mais atentas iniciaram a reengenharia de processos, erradicando trabalho desnecessário, apontando os processos para a satisfação do cliente, redução do tempo do ciclo e para a qualidade total. A desvantagem associada a este processo é que em geral o mesmo alcança os concorrentes, e não superá-los. Assim, “embora tentem frequentemente transformar a imitação em virtude e vesti-la com as cores modernas da capacidade de adaptação, muitas vezes os gerentes estão se adaptando a estratégias preventivas de concorrentes mais criativos.” (Prahalad e Hamel, 2005, p. 16). Emparelhar-se aos concorrentes é necessário, porém não levará nenhuma organização à liderança.

Assim, o uso de tecnologias de simulação, objeto de pesquisa deste artigo, apresenta-se como uma forma das empresas de fundição, que nesta pesquisa estão representadas por três casos distintos, porém, com característica comum por utilizarem o mesmo software, estimularem outras empresas a desenvolver uma condição desafiante, inovadora e criativa, que corrobora com o que Prahalad e Hamel (2005) apresentam como sendo o necessário para as empresas serem consideradas diferentes, nem menores, nem melhores, mas competitivas.

## **2.1. As indústrias de fundição de metais no Brasil e a simulação numérica**

O processo de fundição de metais, cujo início se deu ainda na época pré-histórica, possui como características básicas a fusão de metais e vazamento dos mesmos em moldes, com a finalidade de produzir as formas básicas requeridas, através de diferentes métodos de fundição, e transformá-las em uma infinidade de produtos (KONDIC, 1973).

Desde os primeiros anos do século XXI a indústria de fundição ocupa lugar importante dentre os vários segmentos da economia, ao se caracterizar pela produção de bens intermediários em diversos setores, contribuindo, desta forma, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento do País (CASTRO e ANTONIALLI, 2005).

A indústria de fundição está constantemente enfrentando novos desafios. Além do aumento das demandas econômicas, especialmente em relação à mão de obra e aos recursos materiais,

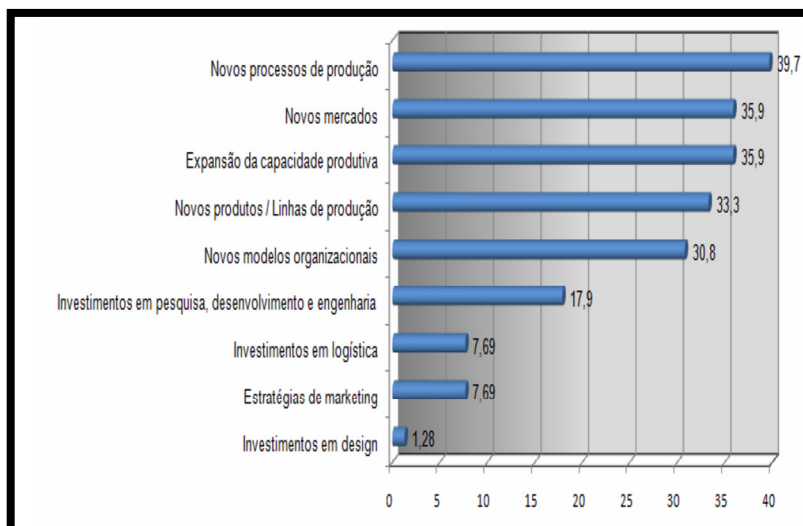
ela deve atender às demandas técnicas relacionadas com a qualidade do produto, documentação e tempo de entrega (BONOLLO e ODORIZZI, 2001).

Observa-se assim que, tornam-se necessários um estudo e um planejamento bem elaborado, de forma que auxilie o processo de tomada de decisão, o qual deve ser feito para médio e longo prazo, pois envolve muitas vezes investimentos de valores elevados em equipamentos ou em tecnologia aplicada.

Um dos desafios das pequenas fundições reside no fato de educar o empresário para a questão da gestão como fator diferencial de sucesso, conhecer e aplicar adequadamente as ferramentas econômicas e financeiras, a partir das informações do negócio, o que se tornou fundamental para obter estratégia competitiva; bem como os custos de produção das peças por meio de informações e processos medidos para conseguir vender seus produtos a preços competitivos e com resultado. (MORAES et al., 2007).

A partir do crescimento da internacionalização da economia intensificou-se a necessidade da reorganização dos fatores produtivos e os modos de gestão empresarial com a finalidade de compatibilizar a organização com padrões internacionais de qualidade e produtividade. (OLAVE e AMATO NETO, 2001). Segundo pesquisa realizada por Fagundes (2010), as empresas de fundição no Brasil estabeleceram entre os anos de 2010 e 2015 algumas estratégias importantes de negócios – conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2: Estratégias de negócios das empresas para 2010 a 2015



Fonte: Fagundes (2010, p. 69)

Fagundes (2010) publicou ainda uma análise dos investimentos em tecnologia que revelou a estratégia das empresas de fundição de metais do Brasil. Dentre os objetivos considerados na aplicação da tecnologia, destacam-se: a melhoria da qualidade dos produtos (77,8% das indicações), redução de custos com mão de obra (61,1% das indicações) e ampliação da produção (50% das indicações).

A inovação deve fazer parte dos processos estratégicos. De acordo com Tether (2003) ela é amplamente percebida pelas empresas e países como fundamental para a competitividade, porém existe frequentemente uma confusão entre inovação e as realizações que ocorrem nas empresas.

Freeman e Soete (2000) destacam que a inovação tecnológica é impulsionada por descobertas científicas, mas também induzida pela demanda.

As empresas de fundição devem dar atenção ao aspecto da inovação como diferencial competitivo, assim como aponta Perez Júnior, Oliveira e Costa (2009), que destaca a diferenciação como fator de aumento da competitividade.

Já no ano de 2004, em estudo realizado por Prazeres nas fundições de metais do estado de Minas Gerais, o qual é o segundo maior produtor de fundidos do Brasil, a inovação tecnológica era considerada estratégica e necessária por 99% das empresas, sendo que 40% delas afirmaram que investiam em tecnologia como forma de se adaptar a um ambiente em mudança e 58% das

empresas reconheceram a necessidade de realizar investimentos em inovação e admitiram que não tinham capacidade, naquele momento, de fazê-lo. (PRAZERES, 2004).

Ainda para Freeman e Soete (2000), o desenvolvimento da ideia de potencial econômico em novos produtos e processos exige muitas etapas de experimentação em que as possibilidades de mercado interagem com a ideia original. Isso é frequentemente observado no mercado de fundição de metais no Brasil, dado o seu elevado potencial de fabricação de componentes técnicos e necessidades dos clientes finais, em destaque para o setor automobilístico, para o qual a indústria de fundição de metais no Brasil fornece o maior percentual em volume de metal, quando comparado aos demais setores da economia.

Segundo a análise de Porter (2004), a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu ambiente, ou seja, as indústrias em que ela compete, o que reforça a importância de se observar a pesquisa publicada por Fagundes (2010), em que foram analisadas as indústrias de fundição de metais nos cinco anos anteriores e nos cinco posteriores ao estudo, além do apontamento da utilização da tecnologia como um diferencial competitivo neste setor. Conforme destacam Berndt e Coimbra (1995) é uma boa oportunidade para a empresa de fundição de metais prever as tendências e se antecipar a elas.

A utilização da Simulação Numérica como ferramenta de trabalho na engenharia de fundição está apresentando uma utilização crescente e cada vez mais eficiente na otimização de projetos e processos (VERRAN, OLIVEIRA E REBELLO, 2000).

De acordo com Saxton et al. (2005), existe a necessidade de evolução tecnológica das organizações. Com suporte da pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, surgem softwares de simulação que criam um suporte técnico diferenciado nas empresas de fundição, auxiliando a evolução gradativa com base nos dados de ensaios e simulações.

Existem softwares que simulam o processo de fundição, possibilitando a visualização do comportamento do metal ao preencher o molde e ainda identificar uma série de dados relevantes para avaliação do processo, seja para prever falhas ou para implantar melhorias (LANA, 2010).

Estudos de simulação têm sido aplicados em diversos setores como na indústria de manufatura, simulação de sistemas públicos (bancos), sistemas de transporte (logística, transporte de passageiros), na mineração e siderurgia (OLIVEIRA, 2008).

Através da simulação numérica, pode-se identificar várias situações para que se conclua a análise de resultados do comportamento que a peça em fundido terá no molde durante a fundição e posteriormente no resfriamento, levando em conta a temperatura de vazamento, resfriamento, tempo de resfriamento, contração, pontos quentes, etc. Identifica-se também, através de simulações, os detalhes quanto ao desempenho do material. (BILHARZ, 2013).

Após a análise da Simulação Numérica, o analista critica os resultados e, caso seja necessário, introduz modificações. O ciclo se repete até se obter o resultado desejado, ou seja, até se obter o projeto de um fundido sem defeitos relevantes e com bom nível de qualidade. Assim, o tradicional ciclo de tentativa e erro na fundição foi substituído pela simulação em computador (MARQUES, 2008).

Esta evolução e aplicação tecnológica na indústria ocasionou uma redução de desperdícios, movimentações desnecessárias de materiais e ferramentas dentro da indústria. Pois a partir das simulações, a antecipação a um possível problema se tornou mais rápida e construtiva pois a identificação proporciona um trabalho virtual, daquilo que realmente ocorrerá na fábrica. Ainda com isso a análise pode ser voltada a composição química da peça, perfil e geometria da mesma. Viabilizando tecnicamente a possibilidade de alteração de forma segura, ou seja, e garantindo sua aplicação e facilitando o processo de fundição.

### **3. Método**

A prática do planejamento estratégico e o uso de ferramentas para o aumento da competitividade remetem à abordagem sistêmica da pesquisa, que possibilitou a verificação da relação existente entre os conceitos teóricos e a aplicação do software nas organizações de fundição de pequeno e médio porte no Brasil. Desta forma, esta pesquisa classifica-se quanto à natureza, como uma abordagem qualitativa (SILVA E MENEZES, 2001).

Quanto aos fins à mesma classifica-se como exploratória, que de acordo com Gil (2008) indica que a pesquisa é desenvolvida com o objetivo de proporcionar visão geral acerca de

determinado fato e se volta para temas pouco explorados, ou seja, “se caracteriza pelo desenvolvimento, esclarecimento e modificação de ideias, com o objetivo de oferecer uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato” (GIL, 2008, p. 27). Este tipo de pesquisa é realizada especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado.

A pesquisa classificou-se também, como descritiva por mostrar “características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. As pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação” (GIL, 2008, p. 28).

Por meio da pesquisa bibliográfica busca-se conhecer o que existe de mais relevante sobre o tema a ser pesquisado, com base na mesma. Segundo Bêrni e Fernandez (2012), é possível delimitar o problema com base nas referências teóricas publicadas, além de conhecer e analisar as contribuições do passado. Para Marconi e Lakatos (2007) a pesquisa bibliográfica pode ser considerada como um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, sendo que toda pesquisa implica em levantamento de dados de variadas fontes.

Aplica-se um estudo de caso em 03 diferentes empresas do ramo de fundição no Brasil, com o objetivo de explorar informações da aplicação de uma determinada ferramenta de simulação numérica do processo de fundição de metais.

Para Yin (2005), o estudo de caso como estratégia de pesquisa é utilizado para contribuir com o conhecimento que há sobre determinado fenômeno. Baseado neste conceito adota-se a proposta de aplicar o estudo de caso em empresas, com as seguintes características:

A primeira é uma indústria de fundição de ferro fundido, localizada no estado do Rio Grande do Sul, que produz em média 300 toneladas de material por mês, conta com cerca de 200 colaboradores em seu quadro de funcionários e faz uso de um software de simulação numérica há menos de 2 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição A.

A segunda é uma indústria de fundição de aço, localizada no estado de São Paulo, produz cerca de 2600 toneladas de material por mês, 1300 funcionários e faz uso da simulação numérica há 4 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição B.

A terceira empresa é uma indústria de fundição de ferro fundido cinzento e nodular, localizada no estado do Rio de Janeiro com produção de 5300 toneladas por mês, cerca de 1300 funcionários e faz uso da simulação numérica em fundição há 7 anos. Esta será identificada neste estudo como Fundição C.

O estudo de caso foi baseado em entrevistas semiestruturadas, com profissionais da área de gestão no uso da simulação numérica na engenharia de processos das empresas. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para análise.

#### **4. Resultados e Discussão**

Na Fundição A, o entrevistado quando questionado sobre a vantagem do uso da simulação numérica, comentou que o que se observa não é um ganho expressivo no tempo de projeto em si, mas o tempo e os recursos que ela economiza quando não utilizada o método de tentativa e erro, conforme o conhecimento empírico quanto aos processos de fundição. Com o software de simulação numérica os profissionais conseguem prever a falha e conseguem simular várias versões até chegar a uma condição ideal.

A ideia neste caso é investir um tempo maior simulando, que teoricamente parece perda, mas não é, porque é possível simular até um ponto que se considera ideal para que ocorra a produção e só é realizado o teste prático quando tiver um projeto ideal. Desta forma, o tempo total do projeto pode ser reduzido e o prazo de entrega ao cliente melhorado.

O que a empresa já observou neste caso, foram ganhos de redução de tempo em média de 25% a 30%, quando comparado aos projetos não simulados antes de serem produzidos.

Observa ainda que a competitividade está ligada à imagem que a empresa possui frente ao seu cliente. O entrevistado ainda mencionou que ao apresentar o projeto, observa-se uma percepção diferenciada do cliente, quando é apresentado o software de simulação, o qual é reconhecido no mercado como uma ferramenta eficiente, que busca proporcionar maior desempenho e melhores resultados para as organizações.

A pergunta sobre a melhoria quanto a competitividade teve como resposta que a simulação auxilia na prevenção de erros e pode dar uma melhor condição para o processo produtivo,

podendo ainda fornecer itens que outros concorrentes não estão fornecendo, por não terem a tecnologia de simulação, o que pode ser considerado um diferencial, que proporciona maior confiabilidade ao produto, que poderá ser fornecido com garantias de sanidade da peça, o que o cliente busca constantemente, ou seja, um produto que não tenha falhas, ou seja, defeitos na fundição. Por fim o entrevistado da Fundição A comenta que a empresa tem que ser mais competitiva e, se não for, a tendência é estar fora do mercado.

A Fundição B relatou na entrevista que a estratégia da empresa para o uso do software de simulação está focada no desenvolvimento de novos produtos, na redução de custo e na melhoria dos processos (embora este último tenha relação com redução de custo).

Os relatos do entrevistado revelam que a empresa nestes anos de uso da simulação numérica observou ganhos, na média, de 30 a 35% de redução de custo. Com a simulação, afirmou o entrevistado, a quantidade de peças fundidas para aprovação é menor, conseqüente são utilizados menos insumos, a utilização de ensaios de qualidade pode ser reduzida quando se usa a simulação, sendo estes os principais fatores que devem ser levados em consideração, por isso pode-se afirmar que o ganho realmente está entre 30 e 35% dos custos, quando um projeto é simulado, em relação ao não simulado.

O comentário final do entrevistado da Fundição B pode ser sintetizado com o destaque para a vantagem do uso da simulação numérica na fundição: a empresa pode economizar tempo e recursos, o software é adequado para desenvolvimento e melhoria de produto e processo, ocorre a economia de recursos e a melhora a imagem frente ao cliente final.

O entrevistado da Fundição C destacou que o software é utilizado para pesquisa e desenvolvimento e tem um efeito bastante produtivo para a empresa. Relatou que fazem uma simulação inicial para os projetos fundidos, sendo que as modelações terceirizadas fornecem o ferramental completo de fundição, sendo isto muito importante para o desenvolvimento do projeto como um todo.

A importância da simulação é observada a partir do exemplo prático relatado pelo entrevistado da Fundição C. Em função da nacionalização do produto e a demanda alta e urgente, a peça não foi simulada no software. Com esta tomada de decisão equivocada o refugo do item atingiu patamar em torno de 60% nas amostras do item em função da ocorrência de falha. Em função da exclusão desta etapa da simulação, o refugo ocorreu mas após a realização da simulação e ajustes de processo, conseguiu-se manter o refugo do item em torno de 6%, que ocorreu em função da complexidade da geometria e de difícil resolução ou eliminação do refugo.

O entrevistado resumiu que a empresa observa com a simulação uma maior confiabilidade do processo, o que tende a uma redução do tempo final do projeto, menor índice de refugo e redução dos custos envolvidos para aprovação do produto, o que ocorre devido grande parte dos testes serem feitos no software, evitando testes práticos e custos. Também se observa um maior rendimento metálico quando se usa a simulação.

O que fora observado na coleta de dados e nas entrevistas para o estudo de múltiplos casos, nas três empresas de fundição, é que a possibilidade do investimento por parte das mesmas em uma tecnologia do tipo simulação numérica para melhoria da competitividade se fez necessário para manutenção do item na produção e otimização dos resultados em relação ao refugo recorrente.

Observa-se que as indústrias de fundição de metais no Brasil, representadas pelas três empresas que participaram do estudo de caso, quando aplicam a simulação numérica do processo, objetivam conquistar juntos aos seus clientes uma maior credibilidade e gerar melhores resultados da indústria. A aplicação do software auxilia de forma efetiva na tomada de decisão, agregando confiança a equipe técnica no andamento de projetos e processo em discussão.

## **5. Considerações finais**

Nota-se que o fator competitividade é fundamental para a sobrevivência das empresas, o que não é diferente para o caso específico das indústrias de fundição no Brasil. Como em qualquer outro setor, o destaque é dado à organização que desenvolve estratégia diferenciada para competir no mercado consumidor, o qual está cada vez mais exigente.

Os desafios são muitos, uma vez que o processo de fabricação de peças por fundição requer investimento em equipamento de fabricação, cada vez mais robustos e produtivos. O que a



empresa deve se preocupar é de enquadrar o uso de uma ferramenta, como a de simulação numérica do processo de fundição de metais, para obter vantagem competitiva. Agregar tecnologia em seu processo desde a concepção do produto busca proporcionar a otimização do processo produtivo, redução de custos, maior qualidade e alcance dos resultados da organização.

Nesta pesquisa fica evidente os ganhos da organização na utilização do software de simulação numérica, método de análise que reduz custos de planejamento, projeto, processo e produção, evidenciando os resultados de forma antecipada dentro do planejamento. Esta visualização de resultados facilita e agiliza a tomada de decisão e ao mesmo tempo torna-se um diferencial competitivo para a organização que busca se manter e prospectar-se no mercado.

## Referências

APEX-BRASIL. Apex-Brasil e ABIFA assinam novo Convênio para Promoção do Setor de Fundição. In: REVISTA DA ABIFA: Fundição e Matéria-primas Ed. 156. Ano XVI. Maio, 2013. <http://www.abifa.org.br/Imagens/File/REVISTAABIFA156.pdf> Acesso em: 24 jun.2013.

BERNDT, A. e COIMBRA, R. **As organizações como sistemas saudáveis**. Revista de Administração de Empresas. FGV. São Paulo, 1995. V. 35, N. 14, p. 33-41.

BÊRNI, Duílio de Ávila; FERNANDEZ, Brena Paula Magno. **Métodos e técnicas de pesquisa – modelando as ciências empresariais**. São Paulo: Saraiva, 2012

BILHARZ, Jeremy. Gating Design with Ingate Filtration - Process Engineer. John Deere Foundry Waterloo, 2013.

BONOLLO, Franco e ODORIZZI, Stefano. Numerical Simulation of Foundry Processes. Padova: ServiziGraficiEditoriali, 2001.

CARDOSO, José Guilherme da Rocha. CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de. FONSECA, Paulo Sergio Moreira da. SILVA, Marcelo Machado da. ROCIO, Marco Aurélio Ramalho. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. BNDES, Setorial 33, p. 43-88, 2011. [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conheciment o/bnset/set3302.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conheciment o/bnset/set3302.pdf) Acesso em: 03 jul. 2013.

CASTRO, Cíntia YukikoFugie de; ANTONIALLI, Luiz Marcelo. A competitividade do setor de fundição à luz da tipologia de Porter. Revista de Administração da FED-Minas – Volume 2. Número 2. Dezembro, 2005.

CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. Planejamento Estratégico: Fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

FAGUNDES, Alexandre Borges. Mapeamento do gerenciamento das areias a verde de fundição no estado do Paraná sob a ótica da produção mais limpa: uma contribuição para o estabelecimento de estratégias. Dissertação. Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR. Ponta Grossa, 2010.

FREEMAN, C.; SOETE, L. The economics of industrial innovation. 3 ed. Cambridge, MIT Press, 2000.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.

KONDIC, Voya. Princípios metalúrgicos de fundição. São Paulo, Polígono, Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

LANA, Henrique Santa Cecília. Análise do processo de fundição de peças de joalheria assistida por software CAD/CAM. Dissertação de Mestrado. REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais – UFOP / CETEC / UEMG – Belo Horizonte: 2010.

MARAMALDO, Dirceu. Teoria da Competitividade Total. Conceituação e prática. 1 ed. Campinas: Editora Alínea, 2000.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Metodologia do trabalho científico. 7ª edição revista e ampliada. São Paulo: Atlas, 2007.

MARQUES, Andreia Isabel Granadeiro Cercas. Diagnóstico de um defeito de fundição Aplicabilidade da simulação numérica em FLOWCast para previsão e resolução de defeitos. Dissertação submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Porto: 2008.

MENEGHETTI, Ângelo Rogério. Marketing Estratégico e Vantagem Competitiva. RAC - Revista de Administração e Contabilidade. IESA. Ed. Unijui, V.1, n.1., 2002.

MINTZBERG, Henry, *et al.* O processo da estratégia: conceitos, contextos e casos seleccionados. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MORAES, Carlos Alberto Mendes; ELY, Eliseu Eduardo; ROCHA, Lisiane Kleinkauf; SIMON, João; KESSLER, Sérgio; SILVEIRA Cláudio; GARCIA, Ana Cristina de Almeida; LORSCHHEITTER, Geovani; BERTI, Mara; COPETTI, Marco Aurélio. Avaliação da gestão empresarial, tecnológica e ambiental em empresas de fundição como ferramentas para aumento de competitividade no setor: o caso do projeto Fundi-RS. CONAF – Congresso Nacional de Fundição. São Paulo, 2007.

OLAVE, Maria Elena Leon; AMATO NETO, João. Redes de Cooperação Produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas. Gestão & Produção, São Paulo, v.8, Dez. 2001.

OLIVEIRA, Clênio Senra de. Metodologia para utilização de simulação em projetos de manufatura enxuta. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, para fins de obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção. Belo Horizonte: 2008.

PORTER, M. Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de Indústria e da Concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

PORTER, M. Vantagem Competitiva. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, Gary. Competindo pelo Futuro. Estratégias Inovadoras para obter o Controle de seu Setor e Criar os Mercados de Amanhã. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005.

PRAZERES, Hélvio Tadeu Cury. Considerações preliminares e avaliação das ações estratégicas para construção do arranjo produtivo local do segmento de fundição da região centro-oeste de Minas Gerais. XI Simpósio de Engenharia de Produção, Minas Gerais, 2004.

QUARTUCCI, João Paulo. Análise da competitividade do cluster da indústria de fertilizantes da região metropolitana de Salvador. 2007. Dissertação (mestrado em administração). Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, 2007.

SILVA, Edna Lúcia da. MENEZES, Estera Muszak. Metodologia da Pesquisa e elaboração da dissertação. 2. Ed. Florianópolis. UFSC, 2001.

TETHER, B.S. What is innovation? Approaches to distinguishing new products and processes from existing products and processes. In: CRIC working paper n.12, Manchester, Centre for Research on Innovation & Competition, 2003.

HITT, Michael A. IRELAND, R. Duane. HOSKISSON, Robert E. Administração Estratégica: competitividade e globalização. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2003.

VERRAN, G.O.; OLIVEIRA, C.G. e REBELLO, M.A. Influência da Velocidade de Enchimento Sobre a Formação de Defeitos em Peças de Alumínio: Simulação Numérica Vs. Resultados Experimentais In: 14 CBECIMAT- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2000, São Pedro, UFSCar, 2000.

YIN, Robert K. Estudo de caso – Planejamento e métodos. 3ª edição. Bookman. Porto Alegre: 2005.