

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA PREVENÇÃO DE DEFEITOS DE FUNDIÇÃO DE PEÇAS DA LIGA ASTM B26.

Hélio Tiago Gomes de Oliveira, helio.tgo@gmail.com¹
MSc. Deibe Valgas dos Santos, deibevalgas@yahoo.com.br²
Helbert Stéfano Goulart Francisco, helbertgoulart@hotmail.com¹

¹ Centro Universitário UNA; Av. Afonso Vaz de Melo, 465, Barreiro, CEP:30640-070 Belo Horizonte-MG.

² Universidade Federal do Estado de Minas Gerais; Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CEP:31270-901 Belo Horizonte-MG.

Resumo: O Desenvolvimento de novos métodos de fabricação auxiliados por softwares de simulação são diretamente proporcionais às exigências do mercado. A análise do problema de forma sistêmica proporciona ao projetista a percepção do modo ideal de fabricação para o produto analisado. Neste artigo apresenta-se a avaliação do desempenho de softwares de simulação computacional, no desenvolvimento de um projeto de fundição por gravidade. A liga utilizada nas simulações foi a liga de alumínio normalizada conforme a ASTM B26. A liga de alumínio ASTM B26 é comumente utilizada na fabricação de equipamentos e peças que necessitam obter resistência à corrosão, boa estanqueidade e principalmente, boa condutibilidade elétrica. Para exemplificar e comparar os resultados obtidos através do software utilizou-se um equipamento denominado “carcaça de carretilha”, fabricado em liga ASTM B26. Na carcaça da carretilha, a utilização desta liga se faz necessário quanto à condutibilidade elétrica e resistência a corrosão. Uma vez que este equipamento é utilizado na construção e manutenção de redes elétricas. Neste estudo, foram utilizados softwares de modelagem parametrizada como o Solid Works, para desenvolvimento do modelo tridimensional e Clik2Cast, para controle de vazamento, temperatura, velocidade e resfriamento. Através dos resultados obtidos nos softwares de controle citados, foram identificadas as regiões da peça que apresentaram defeitos após vazamento do material líquido. A partir dos resultados obtidos, conseguiu-se prever quais as regiões na geometria da peça poderiam sofrer com o escoamento turbulento do metal líquido, levando a formação de bolhas e fragilização da estrutura da peça.

Palavras-chave: Fundição, simulação, CAD, CAE.

1. INTRODUÇÃO

A indústria tem vivido um momento em que o planejamento é primordial para o sucesso do produto, e a maior parte dos custos finais, podem ser determinados durante a fase de projeto. As constantes mudanças no mercado, provenientes das exigências dos consumidores finais, considerando a qualidade, durabilidade e custo, obrigam as empresas a investir cada vez mais em novos métodos de trabalho que beneficiem as fases iniciais de desenvolvimento do produto.

Dentre vários métodos de estudo durante a execução do projeto, a simulação é a que mais fornece informações ao projetista. A simulação gráfica em 3D é capaz de fornecer informações importantes como, perfil funcional e simulação de esforços, dentre outras informações construtivas. A simulação pode ser feita através de softwares de CAD (*Computer Aided Drawing*), traduzido para o Português – *Desenho Assistido por Computador* – e CAE (*Computer Aided Engineering*), traduzido para o Português – *Engenharia Assistida por Computador*.

A utilização de software CAD propicia ao projetista uma rápida interface com métodos de fabricação, conforme Speck et al (2005). Um dos métodos de fabricação mais utilizados para obtenção rápida de peças com perfil definido é a Fundição. A fundição é uma tecnologia milenar e que a partir do século XX, obteve um desenvolvimento expressivo, sendo hoje uma das formas mais rápidas de se obter uma peça, conforme Titov (1981). O objetivo da fundição é o de dar forma geométrica ao metal, aplicando-o em estado fundido, dentro de uma cavidade feita no interior de um molde. Após o processo de solidificação, obtém-se a peça moldada. Durante muito tempo o processo de fundição foi considerado um processo incapaz de oferecer precisão dimensional e bom acabamento superficial, o que obrigava o uso outros processos.

No entanto, nos dias atuais com uso de softwares capazes de desenvolver modelos tridimensionais e realizar testes virtuais nos perfis de peças fundidas, a qualidade dimensional e superficial melhorou, viabilizando o processo. A fundição é um método de fabricação rápido se comparado a outros processos de fabricação, e é utilizada em ampla escala na produção de peças para o setor elétrico, automotivo e siderúrgico.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados do vazamento da liga de alumínio normalizada conforme a ASTM B26, quando o projeto é assistido por softwares *CAD* e *CAE*, no controle dos processos de modelamento e vazamento de material fundido.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Modelamento 3D

O equipamento utilizado no estudo de simulação, a carcaça da carretilha, é um equipamento utilizado amplamente no setor elétrico para construção e manutenção de redes de alta e baixa tensão. A carcaça deste equipamento é fundida em liga de alumínio normalizada conforme ASTM B26. Esta liga é comumente utilizada na produção de equipamentos onde as características como: boa fluidez, resistente a corrosão, boa usinabilidade e condutibilidade elétrica são exigidas. Um dos maiores problemas do processo de fundição é o controle dos níveis de ar aprisionado. E dentre as causas deste problema, podemos citar como principais, a turbulência no momento do vazamento e a deficiência do canal de saída do material.

O modelamento 3D é utilizado neste processo para desenvolver o perfil funcional do equipamento e auxiliar no posicionamento dos canais de vazamento e de saída do material fundido. Para o modelamento do perfil funcional da carcaça do equipamento, foi utilizado um software de computação paramétrica, o Solid Works. Neste software a construção do sólido é feita através de esboços 2D, 3D e de extrusões a partir da origem delimitada no projeto considerando as dimensões necessárias para o funcionamento do equipamento. A Figura (3.0) apresenta o ambiente de modelamento do software, além da execução do modelamento.

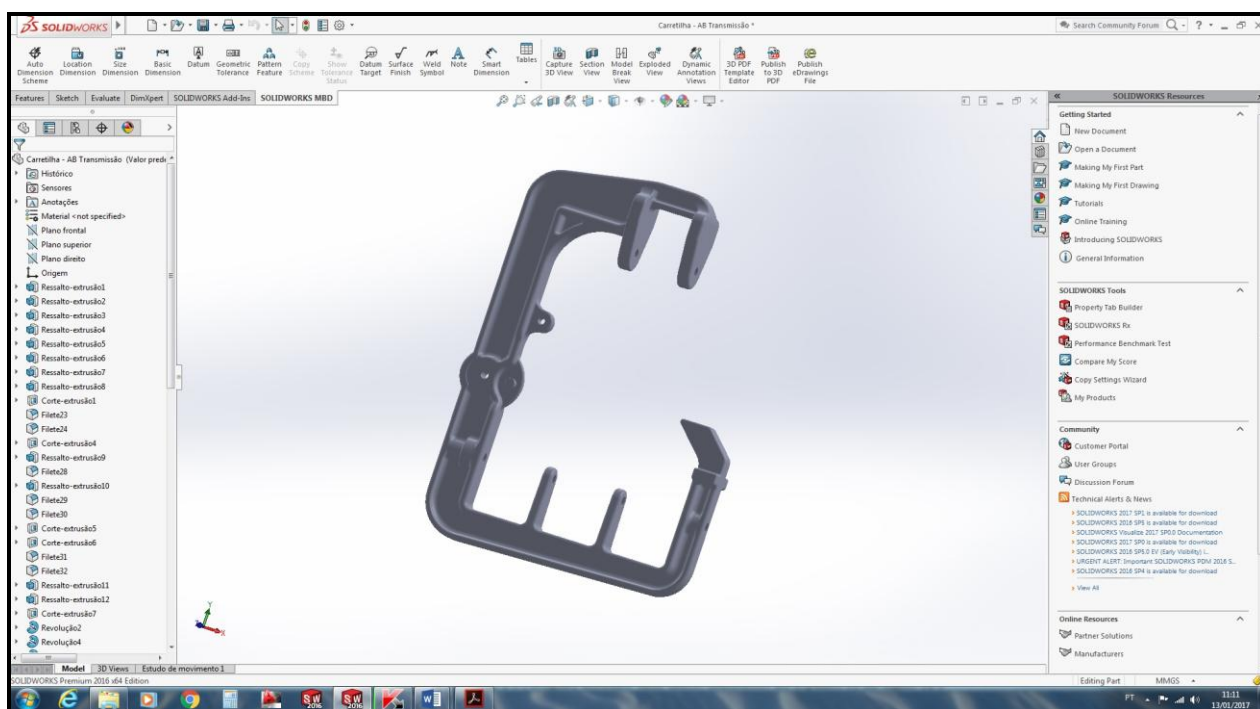


Figura 3.0 – Ambiente de modelamento do Solid Works.

3.2. Controle de Vazamento

O controle do processo de vazamento foi realizado a partir da utilização do software Click2Cast. Este software trabalha com modelos tridimensionais e executa os cálculos a partir de conversão do perfil em malhas de elementos finitos, onde cada elemento é utilizado para gerar informação e resultado para o processo escolhido, e neste caso, o vazamento do material fundido.

O software executa controle de variáveis como: preenchimento, temperatura, ar aprisionado e vetores de velocidade. O procedimento de simulação é feito a partir da seleção do modelo executado via Solid Works e salvo na extensão STL (.stl). Após verificação do modelo, a seleção das dimensões de malha é realizada e logo em seguida é feita a seleção dos canais de entrada e saída do material vazado e posteriormente selecionado as variáveis que irão ser

verificadas durante a simulação. Para este procedimento foi selecionado o material ASTM B26. De acordo com os dados contidos na Tabela (1.0), foi selecionada a temperatura de 700° C (caráter de simulação). Material do modelo selecionado em areia.

Tabela 1. Características básicas da Liga ASTM B26 – Oliveira (2006).

Características	Especificação
Fluidez	Boa
Resistência à pressão	Ótima
Resistência à corrosão	Ótima
Usinabilidade	Média
Temperatura de vazamento (°C)	680°C e 740°C

Conforme Figura (3.2), verifica-se o posicionamento adotado para o modelo de fundição e a localização dos canais de alimentação e saída do material fundido.

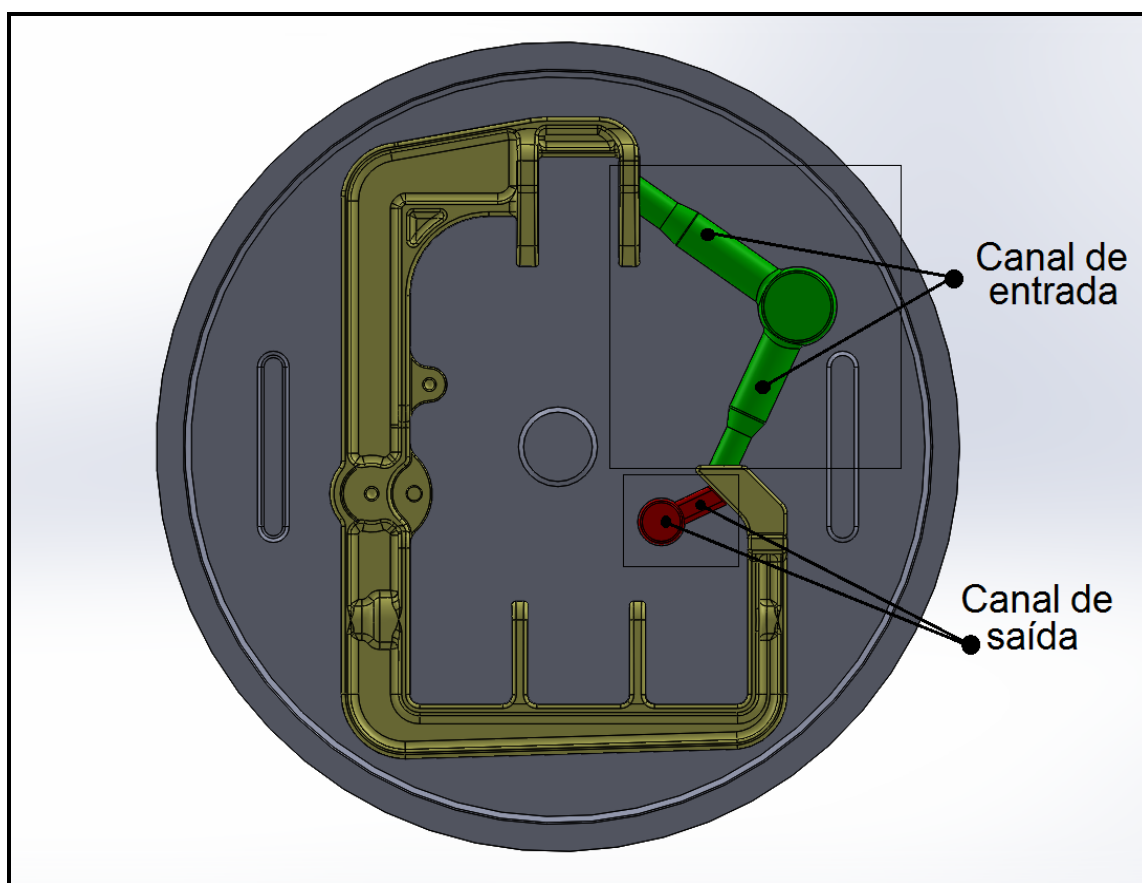


Figura 3.2 – Posicionamento dos canais de alimentação e saída.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Preenchimento

Conforme Figura (4.0) e (4.1), verifica-se a simulação de preenchimento do modelo com material vazado no canal de entrada do modelo. Neste procedimento é possível visualizar o fluxo de material e as zonas onde o material apresenta resistência ao preenchimento. A resistência ao preenchimento no início do processo ocorre por conta da massa de ar que é deslocada para dentro do modelo no momento do vazamento, além de tornar o fluxo turbulento, aumenta a resistência ao surgimento de lâminas de material fundido, necessárias para diminuir o atrito e contribuir para o escoamento do material, conforme Oliveira (2006).

Como o perfil do modelo é variável, não é possível deduzir uma fórmula matemática que relacione o volume presente na cavidade com a temperatura e velocidade medida no instante. Sendo assim, a simulação é realizada com a inserção de dados de temperatura de acordo valores pré-dimensionados, conforme características do material.

Na Figura (4.0), verifica-se o início do vazamento do material e na Fig. (4.1), é possível observar o final do processo de vazamento. Em vermelho, o fluxo de material pode ser observado durante deslocamento.

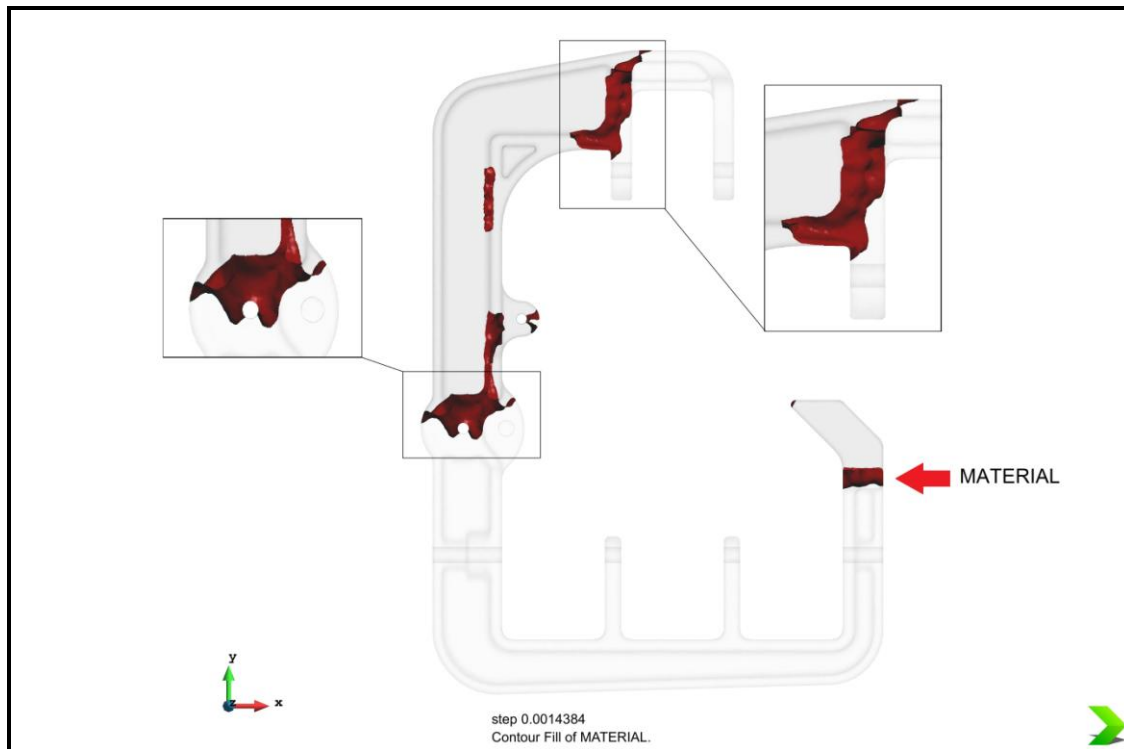


Figura 4.0– Vazamento step1 do Click2Cast.

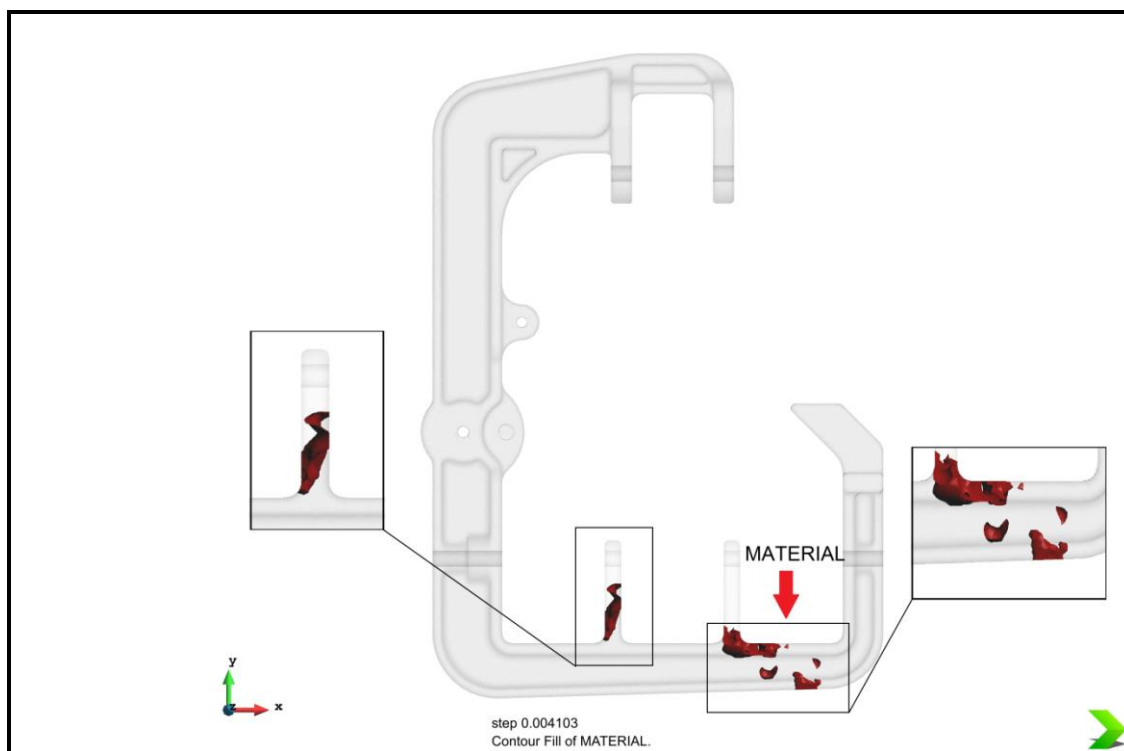


Figura 4.1 – Vazamento step4 do Click2Cast.

A simulação de preenchimento oferece ao projetista uma visualização aproximada do processo, visto que os controles de velocidade e temperatura aplicados virtualmente podem apresentar discordância entre os valores apresentados na prática. Ainda que o software CAE não apresente o local correto onde não houve preenchimento, o mesmo apresenta o projetista à informação de que a área é passiva de erros de preenchimento. O que implica em uma redução da resistência a esforços mecânicos na superfície observada. Sendo assim, a área apresentada sem preenchimento deverá passar por redimensionamento.

4.2. Ar aprisionado

Um dos maiores problemas do processo de fundição por gravidade é o controle de níveis de ar aprisionado. Dentre as causas deste problema, podemos citar a turbulência no momento do vazamento e a deficiência dos canais de entrada e saída do material. Conforme Verran et al (2000), a velocidade de vazamento influi diretamente no tipo de escoamento apresentado e indiretamente na redução da viscosidade do material vazado. Segundo estudos de Verran (apud Birch, 1999), a velocidade não implica no volume de um poro, mas influi diretamente na distribuição de pontos de porosidade.

Nesta etapa da simulação, o software apresenta os pontos onde há incidência de porosidade proveniente de aprisionamento de ar. Os pontos de ocorrência influem diretamente na integridade estrutural do equipamento. Conforme Fig. (4.2) verificam-se os pontos onde há ocorrência de aprisionamento de ar.

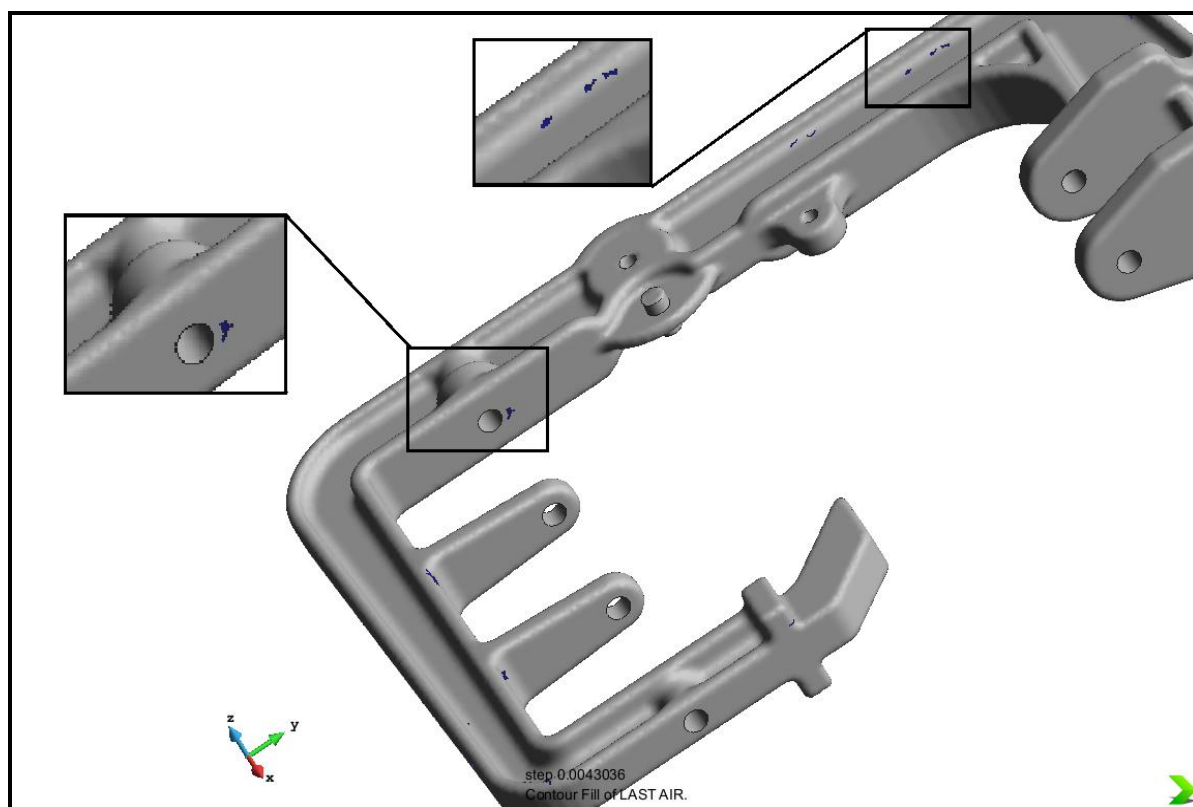


Figura 4.2– Ar aprisionado step1 do Click2Cast.

O software apresenta os pontos onde há ocorrência de porosidade. Nesta situação, uma das alternativas aplicáveis, é a mudança no perfil do equipamento ou dos canais de entrada. A mudança do perfil dos canais, cavidades e nervuras, favorecem o escoamento, possibilitando a utilização de menor velocidade de vazamento e prevenção de porosidade.

4.3. Velocidade

A velocidade é fundamental para êxito do processo de vazamento. Uma vez que esta variável influi diretamente no resultado das outras. A alta velocidade de vazamento implica em maior massa de ar deslocada e maior dispersão dos pontos de aprisionamento de ar. Torna o escoamento mais turbulento e impede a criação de lâminas de material que beneficiam o escoamento do material fundido. Levando em consideração a perda de temperatura que pode resultar em um resfriamento prematuro e perda da corrida, conforme Titov (1981).

De acordo com a Figura (4.3), é possível observar o ensaio de vetores de velocidade, onde o fluxo de material presente no perfil da cavidade tem sua velocidade de deslocamento medida e sua orientação apresentada. Estas

informações são de extrema importância para o projetista, visto que os fluxos contrários uns aos outros (provenientes de choque com parede do perfil) aumentam a resistência ao escoamento do material. Causando a diminuição da velocidade e redução da temperatura.

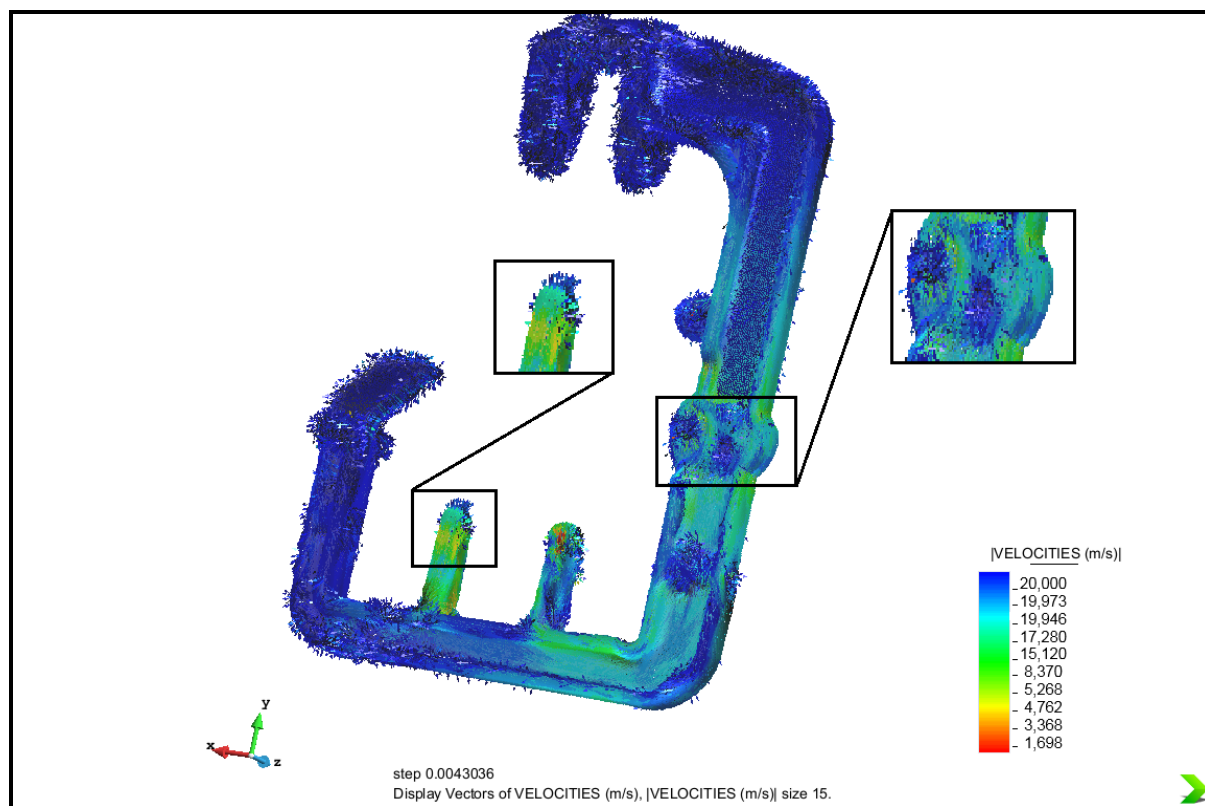


Figura 4.3– Vetores de velocidade step1 do Click2Cast.

A tendência é que o fluxo perca velocidade e concentre maior gradiente de temperatura no local. No caso desta simulação, o ponto de concentração de fluxo em menor velocidade, não apresenta perfil complexo e isto não implica em aparecimento de pontos sem preenchimento. A concentração de temperatura nesta região poderá ser observada durante a simulação de gradiente de temperatura.

4.4. Temperatura

A liga de alumínio normalizada conforme ASTM B26, apresenta fragilidade a quente, assim como a maioria das ligas de alumínio. A liga ASTM B26 apresenta baixa resistência mecânica durante o processo de solidificação, o que pode influenciar o aparecimento de trincas. Outra característica da liga é a elevada contração que deve ser compensada entre 0,9% a 1,5% a mais no dimensional, de acordo com Titov (1981). A verificação dos pontos com incidência de baixa temperatura deve ser tomada como possíveis pontos de resfriamento prematuro e neste caso, a correção dimensional com adição de material para contração deve ser verificada.

A temperatura é diretamente influenciada pela velocidade de vazamento. Segundo Verran et al (2000), a velocidade de preenchimento interfere diretamente na temperatura, quanto maior o tempo, maior será a extração de calor do material vazado e a chance de aparecimento de pontos de solidificação prematura. Conforme a Figura (4.4) verifica-se a distribuição térmica no interior do molde.

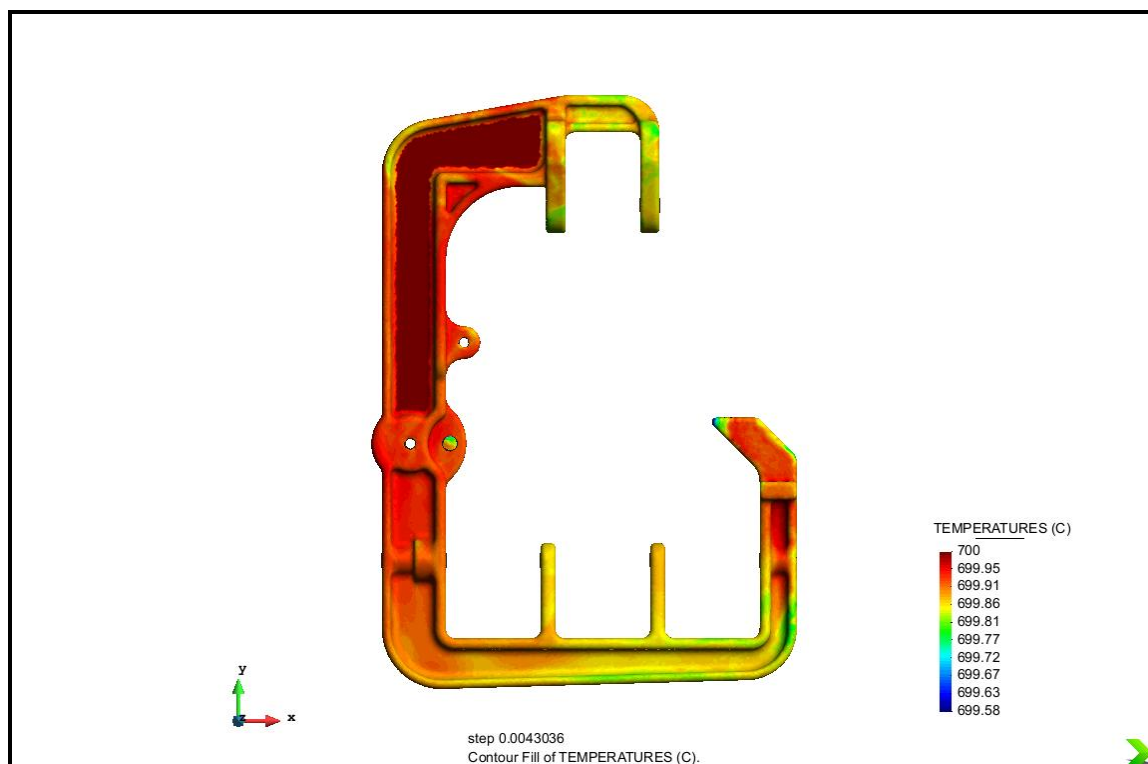


Figura 4.4– Gradiente de temperatura step1 do Click2Cast.

Na figura apresentada acima, verifica-se a concentração de temperatura nas regiões onde o modelo apresenta maior área, inserção ou saída de material. O controle da temperatura pode ser realizado a partir da velocidade de escoamento do material, a fim de manter a temperatura constante durante todo o percurso do material.

4.5. Análise da peça

Nesta etapa os resultados obtidos através da simulação são confrontados com resultados reais. Conforme Tabela (2.0), verificam-se as variáveis do processo. A temperatura e velocidade podem ser controladas durante a simulação, podendo apresentar diferenças no processo prático, por se tratar de operação manual e sem controle exato da velocidade. Neste caso, a velocidade inserida no software CAE será um valor de aproximação.

Tabela 2.0 - Variáveis iniciais de simulação.

Variável	Especificação
Temperatura	700°C
Velocidade de vazamento	Média - 0,20 m/s
Tempo de processo	60 segundos
Posição	Horizontal
Tipo de vazamento	Central / Inferior

A partir da análise da peça física, é possível observar a ocorrência de pequenos pontos porosos. Esses pontos são defeitos decorrentes do processo de preenchimento. O surgimento de pontos de porosidade está condicionado ao tipo de escoamento presente no momento do vazamento, seja ele turbulento, causado por pequenos choques no interior do molde, ou laminar, quando o escoamento é suavizado e são formados filmes espessos de material fundido, conforme estudos de Verran et al (2000). Para facilitar o processo de simulação, o molde foi fixado na horizontal e os canais de ataque foram posicionados no centro e abaixo do molde.

Confrontando os resultados da simulação CAE e os resultados da peça física, verificam-se a proximidade dos resultados. A simulação CAE não apresenta o local exato de ocorrência do defeito. No entanto, a partir dos resultados virtuais, é possível que o projetista verifique a ocorrência e assim aplique as correções no perfil do equipamento. Verifica-se a partir da Fig. (4.5) o resultado do software CAE e na Fig. (4.6) a ocorrência de poros na superfície da peça fundida.

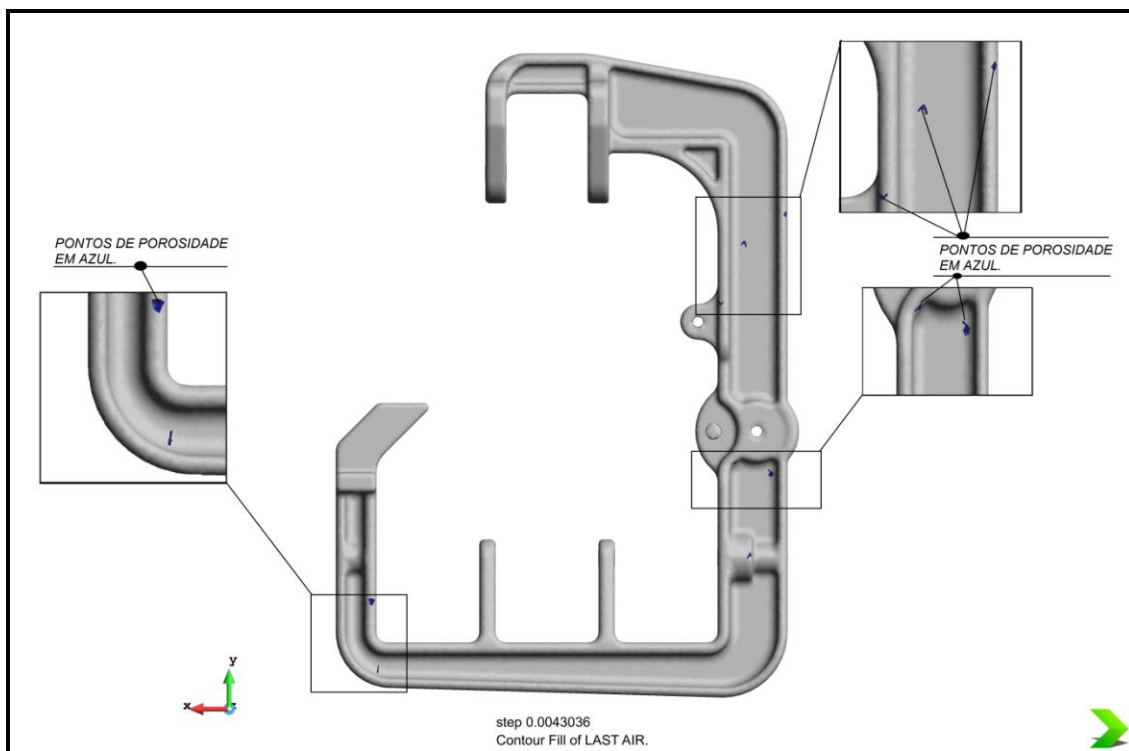


Figura 4.5 – Pontos de ar aprisionado Klik2Cast.

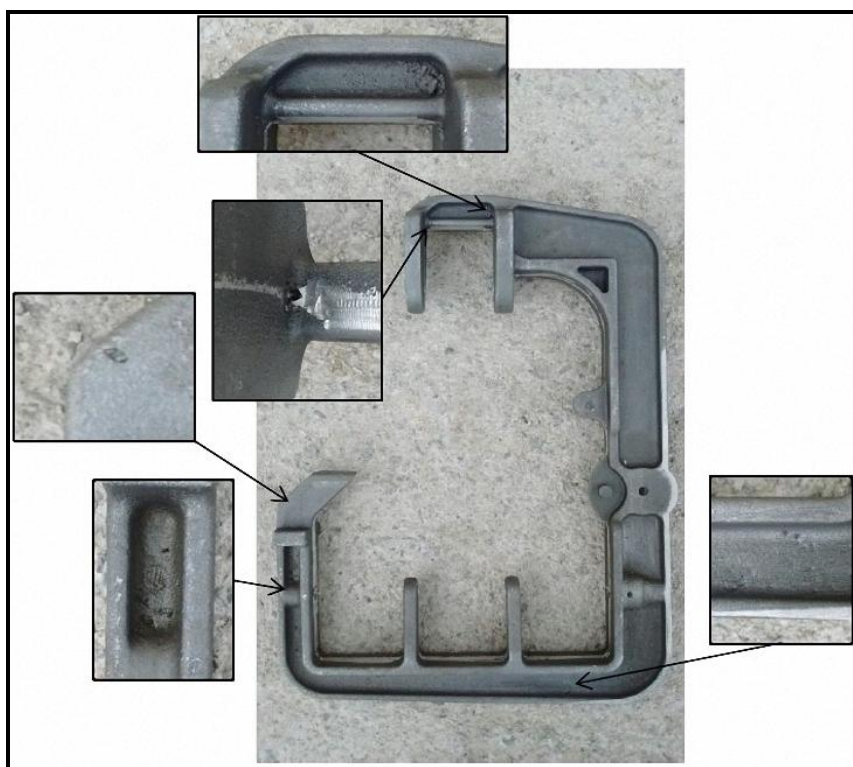


Figura 4.6 – Poros provenientes de ar aprisionado na peça fundida.

No ensaio de ar aprisionado, a velocidade influi diretamente na dispersão dos pontos de aprisionamento, de acordo com estudos de Verran (apud Birch, 1999). Na simulação de temperatura e velocidade, é possível visualizar a proximidade dos resultados da simulação com os resultados reais. Uma vez que não houve ocorrência de pontos de resfriamento prematuro. Além disso, a temperatura

neste processo de vazamento é diretamente proporcional à velocidade de vazamento, quanto maior a gradiente de velocidade maior o será a gradiente de resfriamento do material fundido. Verifica-se através da Fig. (4.7) o resultado da peça fundida, sem ocorrência de pontos de resfriamento prematuro.



Figura 4.7 – Perfil da peça fundida.

5. CONCLUSÃO

Neste artigo conclui-se que:

A análise dos resultados virtuais propicia ao projetista maior percepção das variáveis e da influência de cada uma delas no processo de vazamento. Mesmo que não haja exatidão na localização dos defeitos, é possível que o projetista verifique a ocorrência e a partir dos resultados, desenvolva outro método que beneficie a fabricação sem ocorrência de defeitos. A utilização de softwares de engenharia é de grande importância para o processo produtivo. Visto que ao confrontar os resultados virtuais com os resultados físicos, os mesmo apresentaram proximidade nos resultados.

6. REFERÊNCIAS

- SPECK, Henderson José. “Proposta de método para facilitar a mudança das técnicas de projetos: da prancheta à modelagem sólida (CAD) para empresas de engenharia de pequeno e médio porte”. Florianópolis, 2005. 172p + xiii. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2005.
- TITOV, Nikolai Dmitrievich and Yu A. Stepánov. “Tecnología del proceso de fundición”. Mir, 1981.
- OLIVEIRA, Juliano Marcon. “Desenvolvimento de produto – Caracterização da integridade de superfícies usinadas para produção de moldes e matrizes”. Caxias do Sul – SP. (2006).
- KEIL E., KOCH P., Proceso del Fundir a Presión, Uzwil, Suiza, Información Técnica 6, Julio, 1979, Buhler Hermanos S.A.
- Verran, G. O., M. A. Rebello, and C. G. Oliveira. “Influência da Velocidade de Enchimento Sobre a Formação de Defeitos em Peças de Alumínio: Simulação Numérica Vs.”. Resultados Experimentais. “Anais do 14CBECIMAT Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (2000): 42201-42210”.
- BIRCH, Jim; Porosity in Pressure Diecastings, Diecasting World, March 1999, p. 16-18.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores Hélio Tiago Gomes de Oliveira, Deibe Valgas dos Santos e Helbert Stéfano Goulart Francisco, são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste artigo.

PERFORMANCE EVALUATION USING SIMULATION SOFTWARE FOR PREVENTION OF CASTING DEFECTS OF ALLOY PARTS ASTM B26.

Hélio Tiago Gomes de Oliveira, helio.tgo@gmail.com¹
MSc. Deibe Valgas dos Santos, deibe.santos@prof.una.br¹
Helbert Stéfano Goulart Francisco, helbertgoulart@hotmail.com¹

¹ Centro Universitário UNA; Av. Afonso Vaz de Melo, 465, Barreiro, CEP:30640-070 Belo Horizonte-MG.

Abstract: *The development of new manufacturing methods aided by simulation software is directly proportional to market requirements. The analysis of the problem of systemic form gives the designer the perception of the ideal mode for manufacturing the product analyzed. This paper presents the evaluation of the performance of computer simulation software, the development of a project of Foundry by gravity. The alloy used in simulations was the standard aluminum according to ASTM B26. Aluminum alloy ASTM B26 is commonly used in the manufacture of equipment and parts they need to get corrosion resistance, good tightness and good electrical conductivity. To illustrate and compare the results obtained through the software we used an outfit called "spool housing", manufactured in ASTM B26. In the frame of the reel, the use in this league if necessary with regard to the electrical conductivity and resistance to corrosion. Since this equipment is used in the construction and maintenance of electrical networks. In this study, we used parameterized modeling software like Solid Works, for development of three-dimensional model and Klik2Cast, to control leakage, temperature, speed, and cooling. Through the results obtained in the control software, the regions were identified in the play that presented defects after leak of liquid material. From the results obtained, to predict which regions on the geometry of the piece could undergo with the turbulent flow of molten metal, leading to blistering and weakening of the structure of the piece.*

Key-words: *Foundry, simulation, CAD, CAE, casting reel.*

1. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors Hélio Tiago Gomes de Oliveira, Deibe Valgas dos Santos and Helbert Stéfano Goulart Francisco are the only responsible for the printed material included in this paper.