

MODELAGEM DE PROCESSOS DO ALTO-FORNO E SINTERIZAÇÃO NA EMPRESA SINOBRAS

Matheus de Freitas Brasil Marinss*

Walter Rodrigues de Andrade**

Centro Universitário Leonardo da Vinci-UNIASSELVI

RESUMO

Este trabalho trata da modelagem de processos e tem como objetivo mapear o processo do alto-forno e sinterização da empresa Sinobras, estabelecendo os parâmetros do produto e do processo, tendo como método a utilização do software Microsoft Visio, suas ferramentas e pesquisas em livros específicos da área, aprimorando o estudo com conhecimentos de engenheiros e outros profissionais da empresa. O trabalho resultou numa análise do processo do alto-forno e da sinterização, contribuindo para a empresa Sinobras e seus profissionais, auxiliando a produção do ferro-gusa e do sinter.

Palavras-chave: Alto-forno. Processo. Sinterização.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho tem como área de concentração a qualidade nos processos, sendo elaborado pela necessidade de mapear os processos do alto-forno e sinterização da empresa Sinobras, determinando as etapas dos processos, seus parâmetros e pontos críticos, contribuindo para a empresa, seus funcionários e o meio acadêmico, como importante informação para estudos e projetos futuros. O estudo tem como tema modelagem dos processos do alto-forno e sinterização, sendo a delimitação do tema mapeamento e parâmetros dos processos, sendo apresentado um trabalho resultante de um acompanhamento nas áreas do alto-forno e sinterização, descrevendo as etapas

dos processos, seu fluxo e determinando os seus parâmetros, ou seja, o que interfere na qualidade do produto e do processo na produção.

Este trabalho tem como objetivos levantar os principais conceitos sobre modelagem de processos, analisar as etapas dos processos do alto-forno e sinterização, fazer o mapeamento dos processos e estabelecer os parâmetros de produto e processo. A instituição concedente do estágio é a empresa Sinobras S/A (Siderúrgica Norte Brasil), localizada no distrito Industrial de Marabá, no Estado do Pará, Rodovia PA 150, km 425. A empresa tinha o nome de Simara, mas foi comprada pelo grupo Aço Cearense, mudando o nome para Sinobras, inaugurada

* Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção – Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI - Turma ENG1031.

** Tutor Externo do Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI.

em 2008.

O estágio foi realizado na empresa Sinobras S/A, nos meses de outubro e novembro, nas áreas do alto-forno e sinterização, utilizando como métodos um treinamento sobre modelagem de processos para a elaboração do projeto e sua conclusão. Foram feitas visitas às áreas do alto-forno e sinterização, com o objetivo de conhecer o processo e suas etapas. Em seguida será feito o mapa de processos utilizando a ferramenta diagrama de blocos, utilizando o programa Microsoft Visio e determinando os seus parâmetros, os pontos críticos que interferem no processo, produto em processo e final, sendo por fim elaborado e concluído o projeto.

Foram feitas pesquisas nos meses de outubro e novembro, utilizando a internet, livros específicos e revistas online com conteúdo referente ao assunto tratado na elaboração do projeto, complementando com informações de engenheiros e profissionais das áreas estudadas, para fazer o mapeamento do processo do alto-forno e sinterização com sua particularidade apresentada na empresa Sinobras.

A modelagem de processos está presente nas empresas, pois contribui para o bom funcionamento e organização dos processos produtivos e a gestão da empresa, conforme Barbará (2008), processos são ações integradas e ordenadas que tenham um fim específico, sendo gerados informações, serviços e produtos, que são representados por fluxos de atividades e eventos. Segundo Barbará (2008), processos organizacionais são atividades organizacionais que envolvem pessoas, procedimentos, recursos e tecnologia, sendo o uso de processos um requisito de grande parte dos sistemas de gestão organizacional, que é um sistema para estabelecer políticas e objetivos da empresa, que atualmente é uma exigência do Prêmio Nacional de Qualidade e das normas ISO 9000, sendo que toda empresa para

ser competitiva no mercado precisa ter um processo bem elaborado pelo seu sistema de gestão organizacional.

De acordo com Cruz (2005), processos é a introdução de insumos em um ambiente, formado por procedimentos, regras e normas, que ao processarem os insumos, transformam em resultados que serão enviados aos clientes dos processos em forma de saída, dessa forma podemos observar que processos são entradas, transformação e saída. Conforme Slack (2009), a produção é qualquer atividade que tenha input, matérias utilizados no processo, transformação, na qual é feito todo o processo do sistema, que os materiais são transformados e output, que é o resultado do processo, onde os produtos são entregues aos clientes.

Segundo Barbará (2008) existem os processos-chave de negócio que são críticos para o sucesso organizacional, que serão tratados nesse projeto, que seus resultados produzem grande impacto nos clientes, falhas nesses processos comprometem todo o sistema e são críticos para a estratégia da organização, sendo que para ser possível diminuir riscos, desperdícios de recursos, tempo é necessário que todas as unidades de processos dentro da empresa entejam bem organizadas. Para Alves e Júnior (2010), as empresas para serem mais competitivas precisam utilizar a criatividade para aperfeiçoar as estratégias de melhoria nos produtos e processos que desenvolve.

O alto-forno, segundo Rizzo (2009), é um reator metalúrgico utilizado na produção ou fabricação de ferro-gusa e escória, utilizando como insumos para sua produção o coque ou carvão vegetal, minério de ferro granulado, pelota, sinter, fundentes e adições. Conforme Rizzo (2009), o alto-forno possui as seguintes etapas, através da fusão redutora de minérios de ferro, carvão vegetal e fundentes, que são carregados no topo do alto-forno em temperatura ambiente, sendo na descida transformados pela

ação de gases ascendentes, resultantes da reação de combustão do carbono dos combustíveis com o oxigênio do ar de combustão aquecido de 500°C a 1.200°C, soprado pelas ventaneiras, enriquecido ou não com oxigênio e combustíveis auxiliares, sendo os insumos transformados em líquido na forma de ferro-gusa e escória, após sofrer várias reações químicas.

Segundo Rizzo (2009), podem-se visualizar os parâmetros do processo do alto-forno, que podemos dividi-los em parâmetros do produto e do processo, que influenciam na produção, sendo os parâmetros do processo controláveis, que se pode controlar o ruído, que não pode ou não é interessante controlar, sendo os considerados críticos os que se apresentarem problema para a produção, os parâmetros de produto, os parâmetros do produto final e os produtos em processo, o produto resultante de cada etapa do processo. De acordo com Machado (2006), a sinterização consiste nas seguintes etapas, misturar e homogeneizar finos de minério, finos de carvão ou coque, finos de fundentes e a umidade fazendo a combustão do carvão ou coque, de modo que a temperatura atinja de 1200°C a 1400°C, para que a umidade evapore e as partículas da carga se unem por caldeamento, obtendo um material poroso e resistente o sinter.

Inicialmente se versará sobre a empresa onde foi realizado o estágio, as fontes de pesquisas, métodos utilizados, abordando os principais conceitos de modelagem de processos, alto-forno e sinterização. Complementando sobre a aplicação da modelagem de processos, os mapas desenvolvidos e os parâmetros de cada etapa do processo e por fim é apresentada a conclusão do trabalho e a sugestão para trabalhos futuros, finalizando com as referências utilizadas.

2 A MODELAGEM DE PROCESSOS

Este trabalho tem como área de concentração a qualidade nos processos, com o tema modelagem dos processos do alto-forno e sinterização, todo processo pode ser mapeado e determinado o seu parâmetro. Segundo Valle e Oliveira (2009), o processo tem as entradas de materiais, energia, informações, clientes, o processo e as saídas, produtos com valor agregado, saídas indesejadas, agregação de valor público, informações para outros propósitos, como representado no anexo A. Os processos em uma empresa têm uma hierarquia de acordo com Barbará (2008), os processos são divididos em macrossistema, sistema, subsistema e microssistema, representado no anexo B, sendo que cada etapa da hierarquia é composta por determinada fase do processo e atividade dentro da empresa.

Conforme Barbará (2008), modelagem de processos é a identificação e mapeamento de processos, sendo analisados principalmente os processos-chave que garantem o sucesso da organização, melhorando o processo e visando à integração e colaboração para funcionarem de forma harmônica, eficiente e objetiva. Para Valle e Oliveira (2009), existem várias técnicas para modelar processos, que descreve a produção como fluxo de recursos. De acordo com Barbará (2008), existem elementos de modelagem de processos, que são ferramentas tecnológicas, que se referem a *softwares* utilizados, técnicas, conhecimentos práticos no conjunto de métodos de Análise e Modelagem de Processo (AMOP), métodos, procedimentos para realizar as atividades de AMOP, modelos, são formas de representação da realidade, como figuras, gráficos e desenhos, metodologias, que são os passos, etapas e critérios a serem seguidos.

De acordo com Barbará (2008), existem várias ferramentas para modelagem de processos, como Diagram Designer, Diagram Studio, RFFlow, Smart Draw, Visio, Work

Draw, QVIS, IGrafX. Conforme Barbará (2008), a ferramenta Microsoft Visio possui vários recursos como diagramas pré-construídos. A inserção de objetos é facilitada pela visualização de linhas de orientação, sendo vertical ou horizontal, *ink tool*, um recurso que é possível marcar trechos do modelo, como um marcador de texto, *insert new page*, que cria uma nova página para o diagrama, independente da atual, através de uma aba na parte inferior do diagrama, podem ser inseridas informações como fórmulas, data de impressão, *custom properties* para custo, duração e recursos, inserção de objetos externos e *hyperlinks*, configuração das formatações genéricas utilizadas no diagrama, como texto, conectores, preenchimento e definidos estilos padrão. Existem outras ferramentas que o Microsoft Visio possui, segundo Barbará (2008), como recursos do *menu Tools* especiais, *shared workspace*, que é uma forma de compartilhar um diagrama com outras pessoas, sendo que cada um pode fazer suas atualizações necessárias, proporcionando o trabalho em grupo e o *Snap* e *glue*, configura a forma de como serão posicionados os objetos no diagrama.

De acordo com Barbará (2008), o Microsoft Visio possui outros recursos como painel de trabalho, onde podem ser escolhidos os objetos de trabalho, que de acordo com o tipo de diagrama escolhido, são apresentados objetos pertinentes ao modelo em construção e relatório, que é um recurso cuja construção é guiada pela escolha de opções para formatá-lo. Conforme Barbará (2008), existem recursos mais avançados que o Microsoft Visio possui como *run add-nos*, que disponibiliza em uma única lista, funcionalidades avançadas a serem aplicadas no modelo, *building plan*, estabelece a relação de cores e valores, com critério para importação de dados, definindo quais informações serão exibidas, *organization chart*, trata-se de um *wizard*

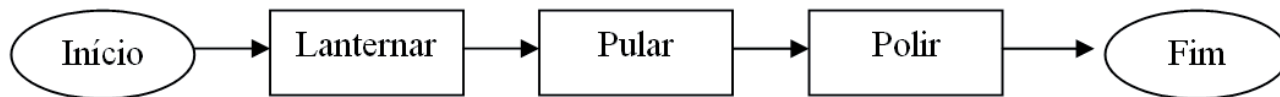
que serve para criação de um diagrama organizacional e Visio extras, que define a forma de numeração de objetos, método de exportação para bancos de dados e outras operações adicionais.

3 MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

O projeto de estágio foi implementado através das ferramentas mostradas neste trabalho, com o auxílio de profissionais das áreas e pesquisas em livros específicos, sendo pesquisadas as etapas dos processos, desenvolvendo o seu mapeamento e separando em etapas, para estabelecer os parâmetros do processo de cada etapa.

Para a elaboração da modelagem de processos é necessário fazer o mapa de processos, Segundo Barbará (2008), mapas de processos são tipos específicos de modelos, como gráficos, imagens, tabelas de um ou mais processos e listas, os mapeamentos de processos podem ser feitos de muitas maneiras, utilizando várias ferramentas. São utilizadas ferramentas para a modelagem de processos, conforme Barbará (2008), são *softwares* usados para mapear processos criando modelos que retratam a atividade produtiva da empresa ou órgão estudado. Segundo Barbará (2008), as ferramentas de modelagem de processos servem para automatizar as ações de gestão dos processos, compreendendo modelagem, análise, simulação, manutenção e disseminação da estrutura do negócio, funcionando a partir de uma ferramenta gráfica, baseando na construção, análise e melhoria de modelos. O mapa de processo pode ser feito utilizando como método o diagrama de blocos, de acordo de Barbará (2008), diagrama de blocos representa graficamente a sequência lógica dos processos, que pode ser vista na figura a seguir.

FIGURA 1 – MAPA DE PROCESSO COM DIAGRAMA DE BLOCO



FONTE: Extraído e adaptado de Barbará (2008)

Para Rizzo (2009), o ferro-gusa é uma liga ferrosa obtida através da fusão de minérios de ferro e seus aglomerados, apresentando teor de carbono situado na faixa de 3,5% a 4,5% e outros elementos residuais adicionados ou não propositalmente. As etapas do fluxo de processo da área do alto-forno da Sinobras se iniciam com a requisição de matérias-primas dos fornecedores, depois a entrada de insumos no processo, transportado para os silos, que, em seguida, são peneirados e transportados para moega, que faz a distribuição nas correias que em seguida, carregam o alto-forno, onde é reduzida e fundida a carga, depois de esgotado o cadinho, sendo produzido o produto ferro-gusa e o coproduto a escória, depois transportado para os clientes. O mapa de processo do alto-forno está representado no apêndice A. O mapa de processo da sinterização na Sinobras é representado no apêndice B. O fluxo do processo de sinterização na Sinobras se inicia na requisição dos insumos dos fornecedores, depois a entrada dos insumos no processo que são armazenados nos silos, depois colocados no misturador, depois passa pelo processo de formação de micropelotas, sinterização, em seguida e feito o tratamento mecânico, resfriamento e peneiramento, controle físico e químico, por fim o sinter está pronto para ser transportado para o alto-forno.

4 OS PARÂMETROS DO PRODUTO E DO PROCESSO

Os parâmetros de produto do alto-forno da etapa dos fornecedores para os insumos da primeira etapa são, fornecedor que atenda aos pedidos dentro do prazo estipulado, fornecedor que tenha qualidade no transporte da matéria-prima para o alto-

forno, requisição da matéria-prima para o alto-forno, transporte de matéria-prima para o alto-forno pela empresa PH e os parâmetros do processo controláveis, que também são considerados críticos, são: compra de matéria-prima de fornecedores internos e externos, fornecedor ecologicamente correto, fornecedor que tenha produtos que atendam as especificações, fornecedor que cumpre e esteja de acordo com as legislações vigentes e o parâmetro do processo que é o ruído. O que não se pode controlar é a falta de matéria-prima pelos fornecedores.

Os parâmetros do produto da etapa dos insumos para os silos são o carvão úmido e leve, insumos que atendam às especificações para o processo do alto-forno, local e armazenamento correto dos insumos, os parâmetros do processo nesta etapa controláveis críticos são, falta de algum insumo, granulometria e composição química dos insumos, nível de insumos nos locais de armazenamento, insumos livres de elementos químicos indesejáveis e o parâmetro do processo que é ruído, é chuva. Parâmetros do produto, da etapa silos para peneirar a carga, a terceira etapa do processo são separar insumos, secagem do minério, umidade dos insumos, os parâmetros do processo controláveis críticos são, abastecimento dos silos, contaminação dos insumos, nível dos silos constantes, controle do fluxo que sai dos silos e o parâmetro do processo que é ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamentos. Os parâmetros do produto, da etapa de peneirar a carga para a moega são peneiramento, peneirar um tipo de material por vez, os parâmetros do processo controláveis críticos são, granulometria dos insumos $\geq 6,3$ mm, transporte nas correias, controle de fluxo de insumos, retirar excesso de finos e os parâmetros do processo que é

ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamentos. Parâmetros do produto da etapa moega para carregar alto-forno. A quinta etapa do mapa de processo é descarga de insumos além do programado, precisão nas balanças, pesagem dos insumos, os parâmetros do processo controláveis críticos são, carregamento das balanças pelas dosadoras, controle de armazenamento de insumos por peso, homogeneização dos insumos, transporte dos insumos nas correias e o parâmetro do processo que é ruído são acidentes, falta de energia, quebra de equipamentos.

Os parâmetros do produto da etapa carregar alto-forno para reduzir e fundir a carga são quantidade precisa de cada insumo, volume de insumos preenchido dentro do alto-forno, velocidade na descida dos insumos no alto-forno, os parâmetros do processo controláveis críticos são, condições do alto-forno, inspeção dos equipamentos de transporte da matéria-prima dentro do alto-forno, passagem dos gases no alto-forno, permeabilidade do alto-forno, produtos indesejáveis nas correias, rotação da tremonha, temperatura do alto-forno, transporte dos insumos na correia para o topo do alto-forno, vazão no alto-forno e o parâmetro do processo que é ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamentos e entrada de partículas finas no alto-forno. Os parâmetros do produto da etapa reduzir e fundir a carga para esgotar cadinho a sétima etapa é consumo do alto-forno de insumos, excesso de finos no alto-forno, utilização dos redutores e fundentes para correção da escória, os parâmetros do processo controláveis críticos são, ar soprado nas ventaneiras, gaiola no alto-forno, obstrução dos algaravizes, pressão do topo, pressão do sopro, pressão da coroa, pressão dos gases, refrigeração do alto-forno, rotação da tremonha, temperatura do topo 1 e 2, temperatura da coroa, vazão da sala de máquina, vazão de gás entre os cones, vazão das garrafas dos glendos e o parâmetro do processo que é ruídos são acidentes, falta de

energia, quebra de equipamentos.

Os parâmetros do produto da etapa esgotar cadinho para transporte são, temperatura da escória e gases, temperatura do gusa líquido, produzir gusa líquido e enviar para panela, produzir gusa sólida e enviar para roda de gusa, os parâmetros do processo controláveis críticos são, área do cadinho, análise do gusa, análise da escória, esgotar o alto-forno, lingotamento do gusa, pesagem do gusa sólido glendos e o parâmetro do processo que é ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamentos. O parâmetro de produto da etapa transporte para clientes a nona parte do processo é local de armazenamento de escória, retirar impurezas do gusa sólido na rampa de gusa, tempo que o gusa líquido fica na panela, transporte da escória para planta de beneficiamento, os parâmetros do processo controláveis críticos são, carregamento da escória para local de armazenamento, pesagem da escória, tempo de preenchimento do gusa líquido na panela de gusa, transporte do gusa líquido para a aciaria, transporte do gusa sólido para rampa de gusa e o parâmetro do processo que é ruídos são acidentes, quebra de equipamentos. A última etapa do processo do alto-forno de clientes para o fim do mapa de processos tem os parâmetros do produto final à composição química do gusa, granulometria da escória teor de 0,30% a 0,60% de silício no gusa líquido, temperatura do gusa. Os parâmetros do processo controláveis críticos são, atender aos clientes no prazo estipulado, gusa sólido livre de placas e terras, produto que não atenda às especificações exigidas pelos clientes.

Os parâmetros de produto da sinterização na Sinobras da etapa dos fornecedores para os insumos, a primeira etapa do mapa de processo é custo baixo das matérias-primas, fornecedor que tenha qualidade no transporte da matéria-prima para a sinterização, transporte de matéria-prima para sinterização pela empresa PH, requisição da matéria

prima para sinterização. Os parâmetros do processo controláveis críticos são: fornecedor ecologicamente correto, fornecedor que cumpre e esteja de acordo com as legislações vigentes, compra de matéria-prima de fornecedores internos e externos, fornecedor que atenda aos pedidos dentro do prazo estipulado e o parâmetro do processo que é ruído são faltos de matéria prima pelos fornecedores.

Os parâmetros do produto da etapa insumos para os silos são contaminação dos insumos, produtos que tenham o especificado para produção de sinter de minério de ferro, transporte para dentro dos silos. Os parâmetros do processo controláveis críticos são custo da matéria-prima, falta de algum insumo, local e armazenamento correto dos insumos, granulometria e composição química dos insumos, ser livre de elementos químicos indesejáveis e o parâmetro do processo que é ruído é chuva. Os parâmetros do produto da etapa dos silos para misturador a terceira etapa do processo é densidade de matéria-prima, segregação das matérias-primas, umidade das matérias-primas, os parâmetros do processo controláveis críticos são falta de algum insumo nas dosadoras, leito de fusão, nível dos silos constantes, regulação das dosadoras, e os parâmetros do processo que são ruídos é acidentes, chuva, falta de energia, quebra de equipamento.

Os parâmetros do produto da etapa misturador para a formação de micropelotas são contaminação das matérias-primas, homogeneização dos insumos, tempo de homogeneização dos insumos, os parâmetros do processo controláveis críticos são densidade das matérias-primas, falta de matéria-prima e os parâmetros do processo que são ruídos é acidentes, falta de energia, quebra de equipamento. Os parâmetros do produto da etapa formação de micropelotas para sinterização, a quinta etapa do processo é adição de água, tempo de residência, o parâmetro do processo controlável crítico é falta de matéria-prima e

os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamento. Os parâmetros do produto da etapa de sinterização para tratamento mecânico são: falta de proteção de grelhada, permeabilidade da mistura, umidade, os parâmetros do processo controláveis críticos são abastecimento das sinterizadoras, altura de camada e bedding, depressão, falha de lógica, falta de matéria-prima, falta de proteção de grelhada, geração de poeira, granulometria da matéria-prima, intensidade de ignição, tempo de sinterização, temperatura de sinterização e os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamento.

Os parâmetros do produto da etapa de tratamento mecânico para resfriamento e peneiramento. A sétima etapa do mapa de processo é geração de retorno, peneiramento eficiente, os parâmetros do processo controláveis críticos são abertura do britador, adequar a granulometria do sinter para alto-forno, geração de poeira, resistência abrasão e queda e os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamento. Os parâmetros do produto da etapa de resfriamento e peneiramento para controle físico e químico são reduzir temperatura, transporte nas correias, os parâmetros do processo controláveis críticos são calha vibratória, geração de poeira, separação do *bedding* e os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamento.

Os parâmetros do produto da etapa de controle físico e químico para transporte. A nona etapa do mapa de processo é coleta de amostra, sinter de acordo com as especificações para o alto-forno, os parâmetros do processo controláveis críticos são análise química IB, análise química FeO, teste de resistência à queda (SHATTER), teste de tamanho médio (granulometria) e os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, falta de energia, quebra de equipamento. Os parâmetros do produto

da etapa de transporte para alto-forno são pesagem do sínter, falta de sínter, granulometria do sínter, os parâmetros do processo controláveis críticos são abastecimento da caçamba, falha na logística do transporte, sínter sem a presença de outros materiais, transporte para silo do alto-forno, transporte para estoque, tempo de transporte para alto-forno e os parâmetros do processo que são ruídos são acidentes, chuva, quebra de equipamento. A última etapa da sinterização que do alto-forno e o fim do mapa de processo tem os seguintes parâmetros do produto granulometria do sínter, temperatura do sínter, composição química do sínter, sínter seco, porosidade do sínter, os parâmetros controláveis do processo mistura do sínter no alto-forno, produção do ferro-gusa de qualidade, volume de escória produzido adequado.

5 CONCLUSÃO

Foi apresentado neste trabalho o mapeamento do processo do alto-forno e da sinterização da Sinobras. Foram mostrados os conceitos de modelagem de processos, as ferramentas utilizadas e os parâmetros do produto e do processo das duas áreas estudadas. Podemos assim concluir que os parâmetros, tanto do processo do alto-forno, como da sinterização, interferem no processo e devem ser controlados para a produção não sofrer atrasos ou prejuízos, para que o produto final esteja de acordo com as especificações dos clientes, tanto internos e externos da Sinobras. Este trabalho teve como resultado o levantamento de todos os parâmetros dos processos do alto-forno e sinterização e irá contribuir para a empresa Sinobras e seus profissionais, a fim de amparar as decisões tomadas nos processos estudados.

O estudo realizado foi de grande experiência e conhecimento, pois resultou em um aprendizado com a relação de teoria e prática, no acompanhamento de profissionais da área. Recomendo que a partir desse trabalho seja feito na empresa

um plano de ação para acompanhamento de cada parâmetro relatado, houve dificuldade no levantamento dos parâmetros, sendo necessária a visita a profissionais que atuam no comando dos processos. Para trabalhos futuros fica a sugestão de relacionar os parâmetros dos processos estudados, que interferem em outras áreas da empresa, como aciaria e laminação.

REFERÊNCIAS

ALVES, Alexandre de Castro; JÚNIOR, Aldo Braghini. Melhoria de um processo produtivo utilizando como referência um modelo do processo criativo na solução. **Revista gestão industrial**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 178-198, 2010. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/revistagi/article/view/542/460>>. Acesso: 25 out. 2012.

BARBARÁ, Saulo. (Org.). **Gestão por processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

CRUZ, Tadeu. **Sistemas, métodos e processos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MACHADO, Marcelo Lucas Pereira. Siderurgia da Matéria Prima ao Aço Laminado. **Centro federal de educação tecnológica do Espírito Santo**, 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.cefetes.br/Cursos/EngenhariaMetalurgica/Marcelolucas/SIDERURGIA%20da%20Mat%20Prima%20ao%20Lam.pdf>>. Acesso: 16 nov. 2012.

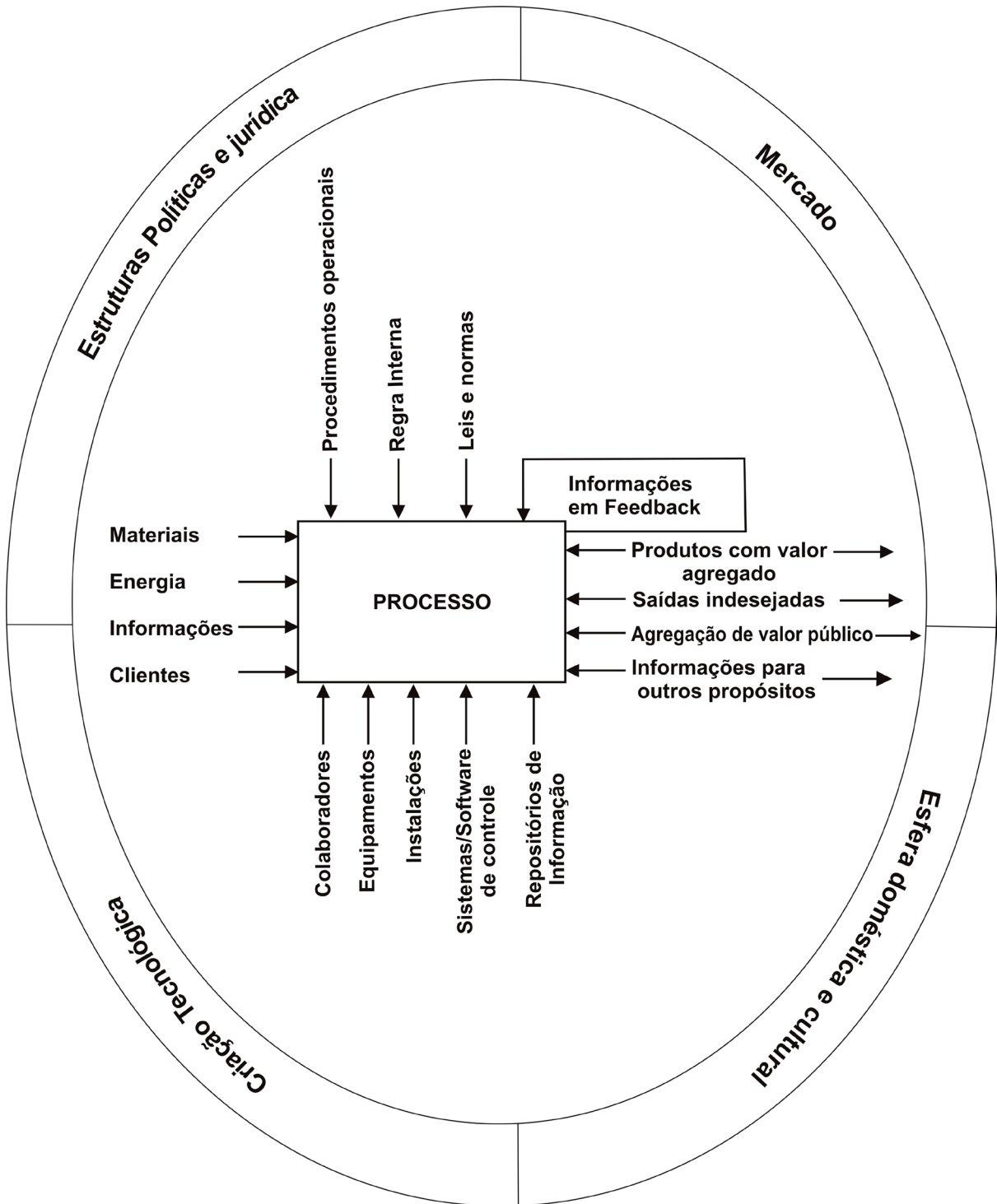
RIZZO, Ernandes Marcos da Silveira. **Processo de fabricação de ferro-gusa em alto-forno**. São Paulo: ABM, 2009.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

VALLE, Rogério; OLIVEIRA, Saulo Barbará de. (Orgs.). **Análise e modelagem de processos de negócio**. Rio de Janeiro: Atlas, 2009.

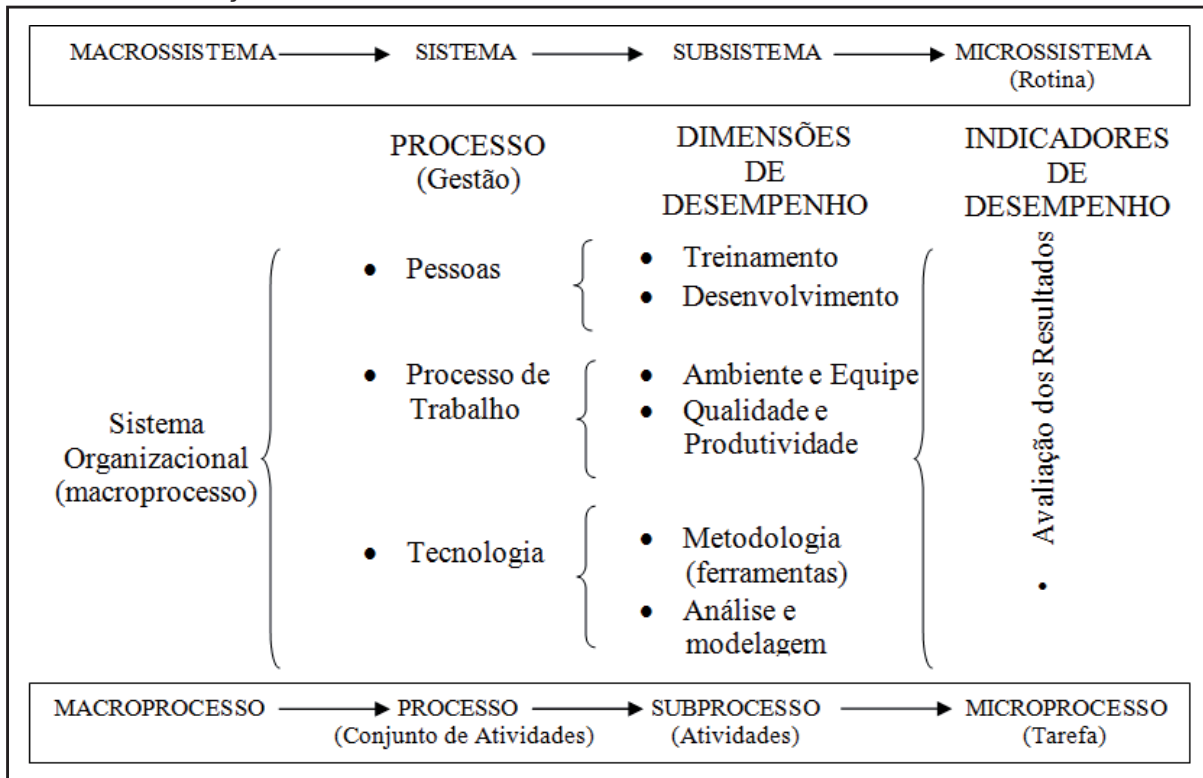
ANEXOS

ANEXO A - MODELO PARA VISÃO DE PROCESSOS



FONTE: Extraído e adaptado de Valle e Oliveira (2009)

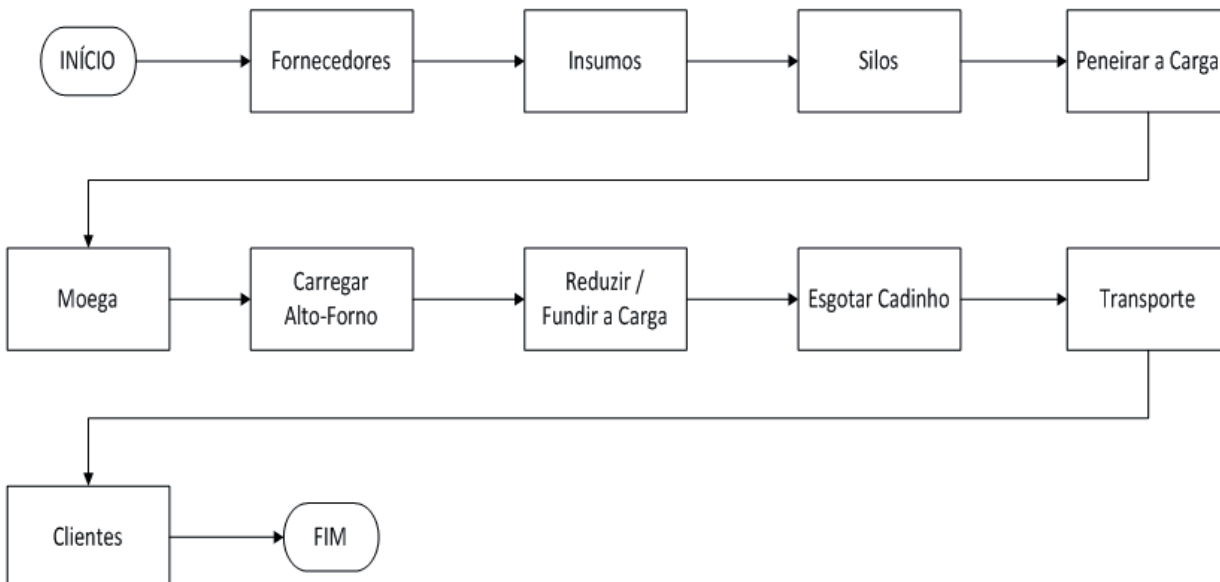
ANEXO B – RELAÇÃO ENTRE SISTEMA E PROCESSOS



FONTE: Extraído e adaptado de Barbará (2008).

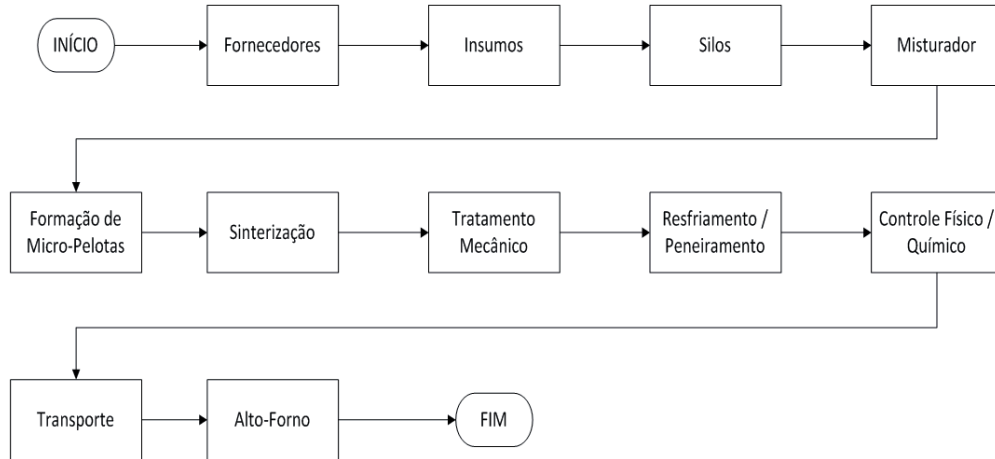
APÊNDICES

APÊNDICE A – MAPA DE PROCESSO DO ALTO-FORNO



FONTE: O autor

APÊNDICE B – MAPA DE PROCESSO DA SINTERIZAÇÃO



FONTE: O autor

