

A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AREIA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PEÇAS FUNDIDAS¹

*Joaquim Luiz Monteiro de Barros Jr²
Amanda dos Santos Moreira³*

RESUMO

Um Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde especificado e operado corretamente é algo de suma importância para a qualidade final do produto, eficiência e capacidade do processo de fundição de peças metálicas, assim como para a obtenção de um OPEX (Operational Expenditure) competitivo.

Este trabalho tem como objetivo apresentar de forma, didática e prática a relevância de uma engenharia bem executada, com a definição da rota de processo, dimensionamento do sistema, especificação e instalação correta dos equipamentos e atendimento as normas vigentes, no intuito de se atender de forma eficiente a demanda produtiva e a perfeita integração com os processos de moldagem e desmoldagem, gerando uma otimização operacional e energética.

PALAVRAS CHAVES

Fundição; Areia Verde; Preparação e Recuperação de Areia Verde

ABSTRACT

A Green Sand Recovery and Preparation System specified and operated correctly is extremely important for the final quality of the product, efficiency and capability of the process of casting metallic parts, as well as to get a competitive OPEX (Operational Expenditure).

This paper aims to present a didactic and practical way the relevance of well-executed engineering, with the definition of the process routing, sizing of system, specification and correct installation of the equipment and compliance with current rules, with the aim to meet the production demand efficiently and the perfect integration with molding and demolding processes, achieving an operational and energetics optimization

Keywords: Green Sand Casting; Preparation and Recovery of Green Sand.

¹ 20º Congresso de Fundição – CONAF, São Paulo, junho de 2024.

² Engenheiro Mecânico, Mestre em Economia com ênfase em Energia, Pós Graduado em Eficiência Energética, COO da Kuttner do Brasil.

³ Engenheira Mecânica, Pós Graduada em Logística e Supply Chain, Analista de Desenvolvimento de Negócios da Kuttner do Brasil.

1- INTRODUÇÃO

O processo de Fundição de Peças Metálicas por Areia Verde trabalha com moldes confeccionados com areia úmida que posteriormente é compactada, sendo o mesmo bastante utilizado em todo o mundo principalmente devido ao custo competitivo de produção e disponibilidade de matéria prima dos moldes.

No processo acima, pode-se afirmar que depois da carga metálica a areia é o material mais importante e fundamental para o atingimento do resultado final de qualidade, capacidade e produtividade desejada.

O termo “areia verde” advém do fato de ser acrescido água e aglomerantes a mesma para a produção dos moldes, ou seja, resumidamente trata-se de uma mistura de sílica, água, argila e carvão, sem resinas. Um dos benefícios deste processo é a alta capacidade de recuperação da areia, em um benefício econômico e ambiental.

Maleabilidade, compactabilidade, refratariedade, resistência mecânica, permeabilidade e capacidade de moldagem e desmoldagem são as principais características necessárias para a areia em um processo produtivo eficiente.

Cabe ressaltar que para se ter uma operação que recupere e prepare corretamente a areia dentro de um padrão de benchmarking, uma correta engenharia e especificação do sistema, assim como um treinamento operacional são pontos fundamentais.

2- DESENVOLVIMENTO (MATERIAL E METÓDOS)

2.1 - Ciclo de Vida de um Projeto de Investimentos na Área Industrial

Como apresentado no paper *A Importância da Engenharia Básica para Correta Definição Técnica dos Sistemas e Equipamentos em Projetos de Investimento na Fundição – CONAF 2022 – Barros*, pode-se afirmar que resumidamente um Projeto de Investimento se inicia com a identificação de uma oportunidade ou de uma necessidade específica e tem-se o término quando da entrada em operação de todo o escopo que faz parte do mesmo.

A figura abaixo exemplifica de forma ilustrativa e resumida o ciclo de vida de um projeto de investimento na área industrial:



Figura 1. Ciclo de Vida de um Projeto de Investimento na Área Industrial

2.2 – Definições de Engenharia Conceitual, Básica e Detalhada

Como também apresentado no paper *A Importância da Engenharia Básica para Correta Definição Técnica dos Sistemas e Equipamentos em Projetos de Investimento na Fundação – CONAF 2022 – Barros*, pode-se afirmar que as etapas de estudos de engenharia em um Projeto de Investimentos na Área Industrial, tradicionalmente tem a seguinte divisão:

Engenharia Conceitual: é o conjunto de documentos técnicos destinados a definição da concepção do empreendimento, representado por um conjunto de informações técnicas iniciais e orientativas, podendo inclusive conter soluções alternativas.

Engenharia Básica: é o conjunto de documentos técnicos com nível de informações adequadas para caracterizar o empreendimento, elaborado através de estudos que assegurem a viabilidade técnica e que possibilite a avaliação preliminar do custo da obra, a definição dos métodos de implantação e do prazo de execução.

Engenharia Detalhada ou Executiva: é o conjunto de documentos técnicos que fazem parte da fase em que são detalhados os elementos necessários e suficientes para a execução completa do empreendimento, com base no que foi definido no projeto básico.

2.3 - Normas Orientativas

Durante a fase de engenharia diversas normas devem orientar a confecção do projeto e especificação do sistema.

Abaixo, em caráter ilustrativo, apresenta-se algumas normas técnicas:

Normas Técnicas Orientativas

- AISC American Institute of Steel Construction;
- AISI American Iron and Steel Institute;
- ANSI American National Standard Institute;
- ASME American Society of Mechanical Engineers;
- ASTM American Society of Testing and Materials;
- AWS American Welding Society;
- AWWA American Water Works Association;
- CMAA Crane Manufacturers Association of America;
- DIN Deutsche Institut für Normung;
- ISO International Organization for Standardization;
- NEMA National Electrical Manufacturers Association;
- SAE Society of American Engineer;
- NR 08 Edificações
- NR 09 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

- NR 10 Instalações e Serviços de eletricidade
- NR 11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais.
- NR 12 Maquinas e Equipamentos
- NR 13 Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações
- NR 15 Ruídos e Temperatura
- NR 16 Atividades e Operações Perigosas
- NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
- NR 22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
- NR 23 Proteção Contra Incêndios
- NR 24 Condições Sanitárias e de Contorno nos Locais de Trabalho
- NR 26 Sinalização de Segurança
- NR 33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados

Cabe destacar que as Normas Regulamentadoras – NRs são disposições complementares ao Capítulo V - Segurança e da Medicina do Trabalho - Título II da Consolidação das Leis do Trabalho – CLT e tem o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho.

Por último, mas de alta relevância, deve-se seguir em sua totalidade a Legislação Ambiental brasileira que entre diversos outros pontos, tem:

- Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938);
- Lei dos crimes ambientais (Lei nº 9.605 e Decreto nº 3.179);
- Licenciamento Ambiental (Resolução CONAMA nº001/86);
- Tratamento de efluentes (Resolução Conama nº357);
- Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305).

O CONAMA é o Conselho Nacional do Meio Ambiente, sendo um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA e tem a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo e demais órgãos ambientais diretrizes e políticas governamentais para o meio ambiente e deliberar, no âmbito de suas competências, sobre normas e padrões para o meio ambiente específicos e mais restritivos quando comparados aos padrões federais e, portanto, devem ser consultados também.

2.4 – Análise Técnica do Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde

Primeiramente cabe destacar que Sistema de Recuperação e Preparação de Areia deve ter a sua especificação, dimensionamento e layout desenvolvidos de forma *tailormade* para atender as especificidades de cada Fundição.

De toda forma, é possível apresentar alguns pontos técnicos básicos e gerais que podem servir como orientação inicial para o desenvolvimento de uma engenharia ou na definição da rota de processo, sempre com o intuito de se atender de forma eficiente a

demanda produtiva, a perfeita integração com os demais sistemas e gerar uma otimização operacional e energética.

2.4.1 Descritivo Resumido do Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde

A areia desagregada coletada abaixo da Linha de Desmoldagem ou na saída do Tambor de Desmoldagem será transportada até o sistema de recuperação através de transportadores de correia, [elevadores de caneca e/ou calhas vibratórias](#).

Um Separador Magnético e uma Polia Magnética, instalados no final do Transportador de Correia que alimenta a Central de Recuperação, retira as partículas metálicas contidas na areia.

O Sistema de Recuperação de Areia é provido de uma Peneira e pontos de exaustão para o Sistema de Despoeiramento, o que auxiliará no resfriamento da areia e promoverá também a retirada de finos e outros materiais. O descarte da Peneira será desviado para uma Caçamba no piso.

A areia peneirada será transportada para um Silo que alimentará o Resfriador e posteriormente será transportada para o Silo de areia recuperada. É previsto um sistema de recirculação para homogeneização através de um by-pass, fazendo com que parte da areia que se encontra depositada na parte inferior se misture com a que terminou de passar pela recuperação.

A areia, quando saturada, é renovada, portanto parte desta deverá ser descartada, este descarte se dá antes da peneira através de um desviador e chute e a mesma é descarregada em uma caçamba.

Para a estocagem da areia nova e dos aditivos tem-se instalados Silos específicos.

Normalmente o recebimento destes materiais se dá através de bags, que são descarregados na estação de recebimento dotada de boca vibratória e moega pulmão, que alimentam um vaso e são transportados pneumaticamente até os Silos de Estocagem.

A areia recuperada é extraída do Silo e descarregada diretamente no Silo de Estocagem de Areia Recuperada e uma Calha Vibratória realizará a alimentação e dosagem na Balança do Misturador.

Desta forma, tem-se que a areia recuperada é extraída do Silo de Estocagem e dosada na Balança do Misturador através de Calha Vibratória, a areia nova será extraída do Silo através de um Tubo Vibratório e dosada na mesma Balança.

A preparação da areia é realizada no Misturador e pode-se dizer que o mesmo é o equipamento mais importante deste processo. Após o carregamento com areia, os aditivos extraídos dos Silos através de Transportadores Helicoidais são dosados e adicionados através de um Vaso Injetor incorporado a uma Balança. A adição de água na mistura é cuidadosamente controlada através do sistema supervisorio.

Finalizado o processo de mistura, a areia preparada é descarregada para uma Moega e através de um Dosador de Barras abastecerá o Transportador de Correia com um Desviador que distribuirá a areia até a Linha de Moldagem.

Cabe destacar que um Silo Pulmão com Extrator de Correia e Arejador faz a alimentação da Máquina de Moldagem.

2.4.2 Diagrama de Blocos resumido do Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde

Processo de Recuperação de areia

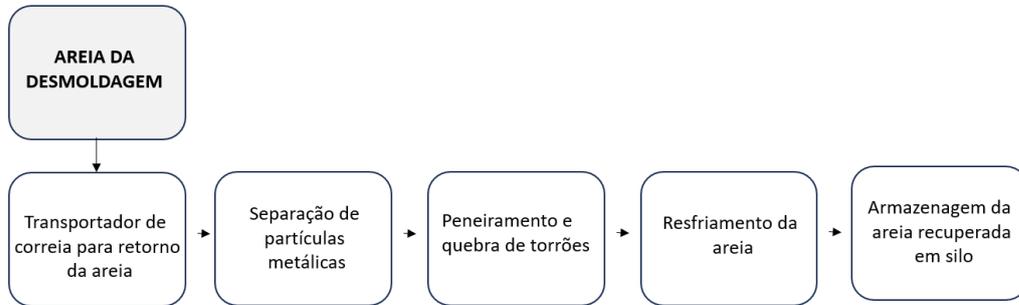


Figura 2. Diagrama de Blocos – Recuperação de Areia

Preparação de areia



Figura 3. Diagrama de Blocos – Preparação de Areia

2.4.3 Exemplos de Fluxogramas/PI&D de Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde

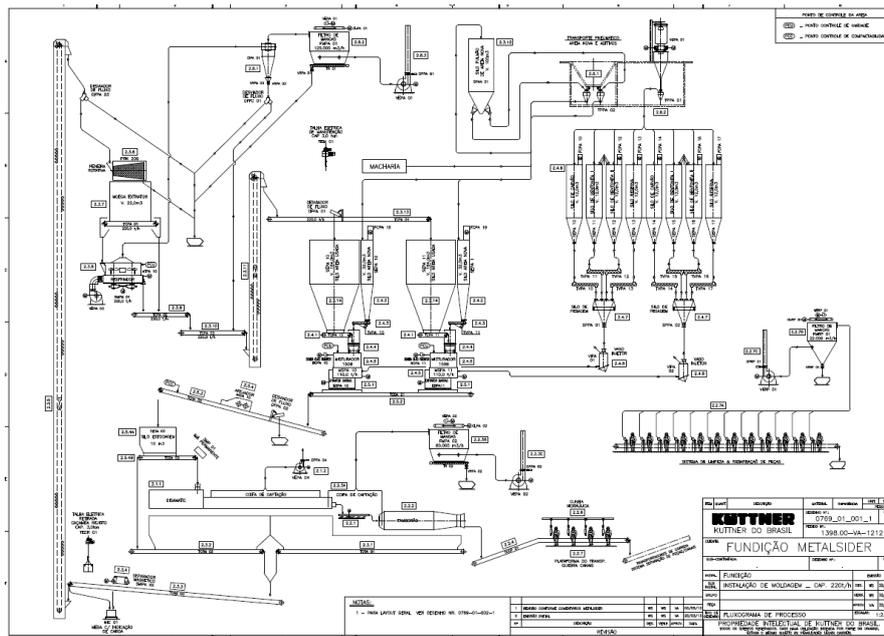


Figura 4. Exemplo de Fluxograma Sistema Recuperação e Preparação de Areia Verde

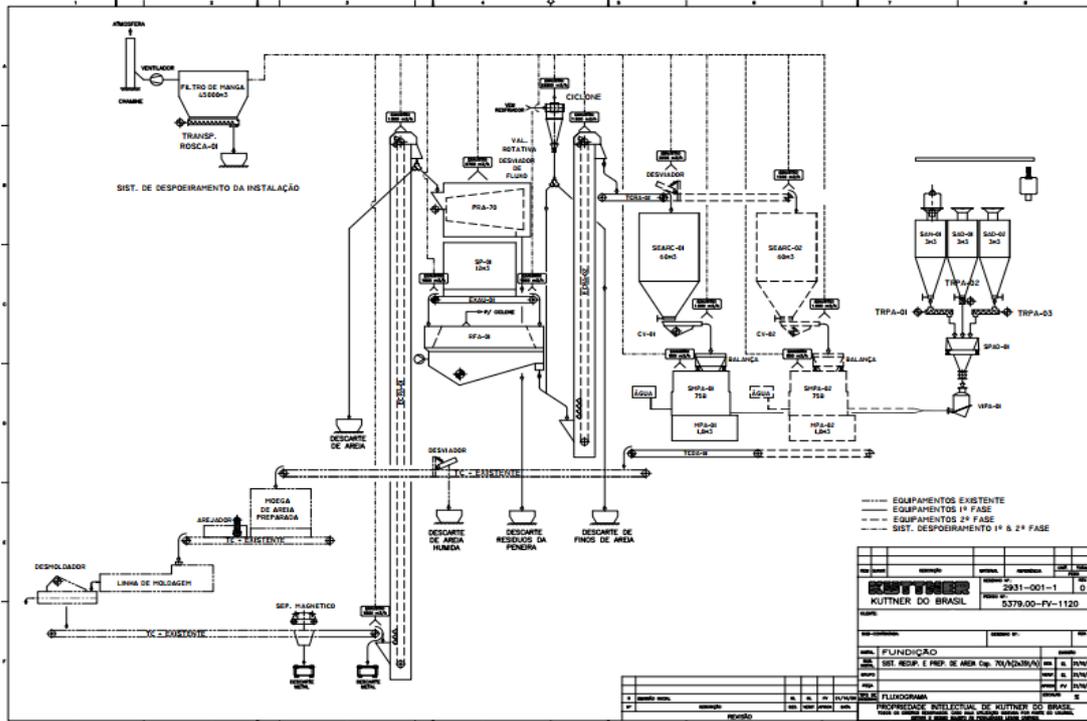


Figura 5. Exemplo de Fluxograma Sistema Recuperação e Preparação de Areia Verde

2.4.4 Exemplos de Layouts de Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde

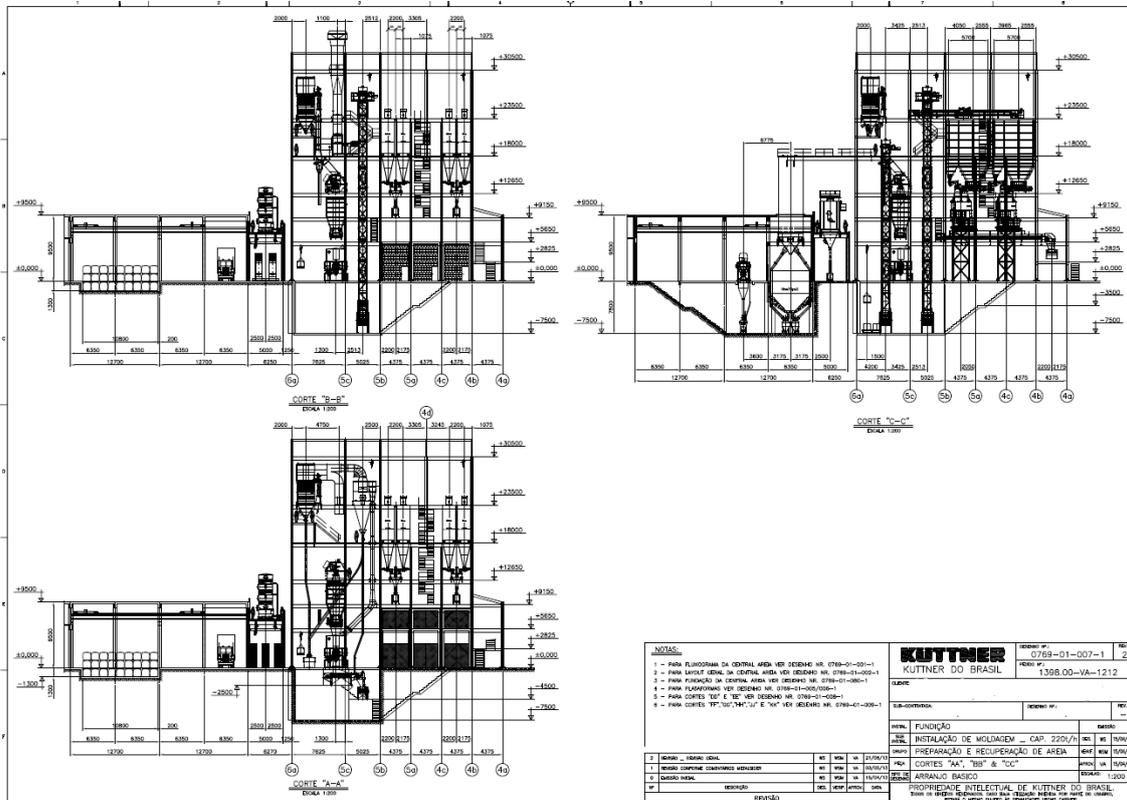


Figura 6. Exemplo de Layout Sistema Recuperação e Preparação de Areia Verde

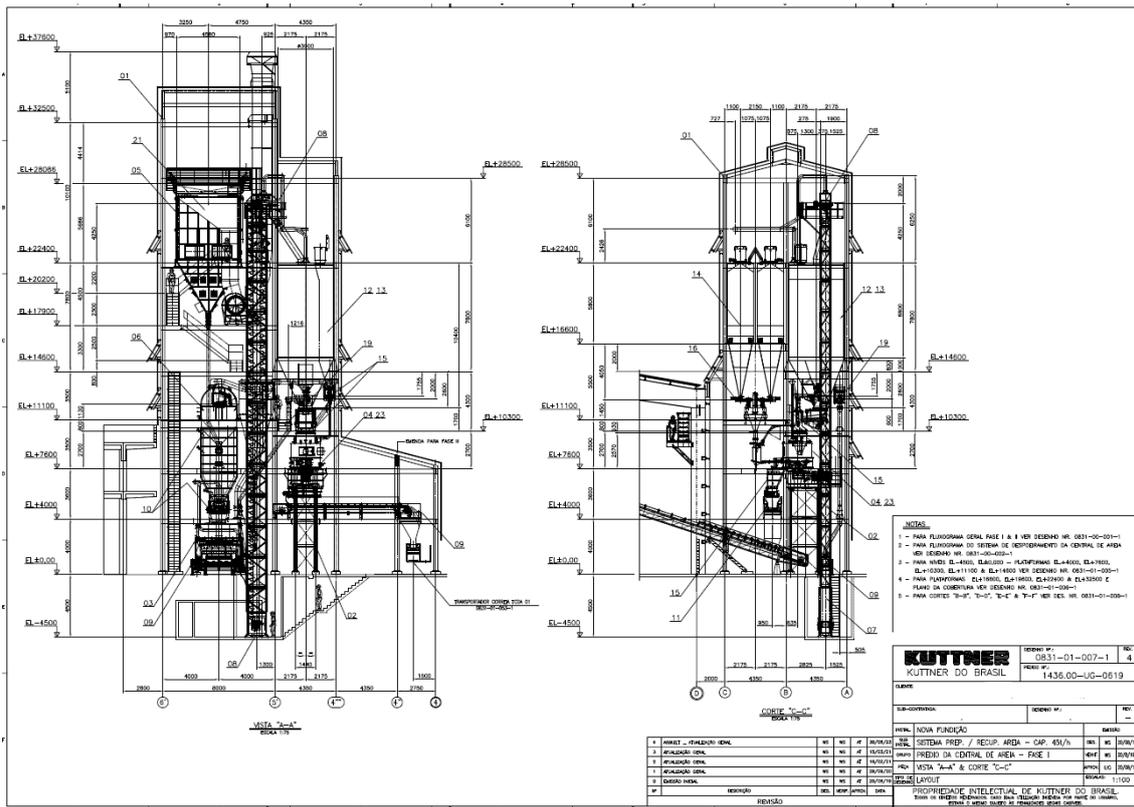


Figura 7. Exemplo de Layout Sistema Recuperação e Preparação de Areia Verde

2.4.5 Pontos Técnicos Importantes

2.4.5.1 Misturador

O correto processo de mistura da areia é um fator preponderante para sua qualidade final. Desta forma, o Misturador de Areia pode ser considerado um dos equipamentos mais importantes no Sistema de Preparação de areia verde.

Existem diversos modelos e fabricantes no mercado com tecnologias e filosofias operacionais distintas, entre eles, Misturadores sem mós, Misturadores com mós verticais e Misturadores com mós horizontais.

Cabe destacar que diversos detalhes técnicos deste processo são muito importantes para a garantia final da qualidade da mistura. A forma como a mesma é realizada, tanto no que se refere aos tempos e métodos, como na própria forma física da operação, impactam diretamente e fortemente nas propriedades finais da areia.

Um Misturador bem especificado, dimensionado corretamente e com tecnologia atualizada é capaz de desenvolver o ciclo operacional no tempo correto e realizar a adição de água e aditivos na forma e quantidade adequadas, garantindo o atingimento das propriedades desejadas da areia, principalmente no que tange a sua homogeneidade, umidade e moldabilidade.

2.4.5.2 Resfriador

Para uma recuperação da areia de forma eficiente faz-se necessário garantir a temperatura máxima recomendada de 40°C, um dos equipamentos que pode ser

utilizado é o Resfriador de Areia. Dentre os tipos de resfriadores existentes no mercado, pode-se citar dois modelos: Resfriador de leito fluidizado e Resfriador contínuo Premix.

No Resfriador de leito fluidizado a alimentação da areia é realizada através de um silo pulmão com quantidade de areia constante. O transporte da areia no resfriador é realizado de forma vibratória no qual é soprado ar para fluidizar a areia e pulverização de água para atingir a temperatura de 35 a 40°C e umidade entre 1.5 e 2.0%.

O Resfriador de areia contínuo Premix possui insuflação de ar ambiente através de um ventilador instalado externamente e um sistema de controle e adição de água. A entrada de areia quente é realizada na parte superior do resfriador. No interior do equipamento recebe um spray de água que vaporiza extraindo o calor, e na parte de baixo o ar é insuflado auxiliando também na condução dos vapores gerados. Este modelo de resfriador permite um tempo de permanência maior da areia no interior do equipamento possibilitando obter uma areia mais homogênea.

2.4.5.3 Controle e Automação

Para alimentação elétrica, controle, automação e gerenciamento do Sistema de Recuperação e Preparação de Areia Verde é usual a utilização de um CCM (Centro de Controle de Motores) para acionamento e proteção dos motores elétricos e um Painel PLC (Programmable Logic Controller).

O gerenciamento através de sistema supervisório com software específico, comandos manuais locais via postos habilitados proporcionando a confecção de um conjunto de telas com comandos, controles e informações sobre produção, produtividade, históricos e alarmes de segurança e um monitoramento remoto, são importantes ferramentas de gestão e sistema supervisório.

Um sistema de controle e automação, bem desenvolvido e projetado para atender as demandas gerais específicas proporciona uma gama de benefícios operacionais, tais como:

- Aumento de produtividade

Permitem ciclos de produção mais curtos com maior eficiência, repetibilidade e total integração com os demais sistemas da planta.

- Redução de Custos

Redução da mão de obra de operação, do consumo de energia e das perdas de materiais.

- Melhoria de Qualidade

Aumento da Capabilidade.

- Segurança Operacional

Redução significativa da exposição ao risco.

- Vantagem Competitiva

Flexibilidade operacional devido a maior facilidade e agilidade na alteração dos dados de processo.

- Monitoramento Remoto

Possibilidade de gestão e operação do sistema remotamente.

Abaixo é apresentado, em caráter ilustrativo alguns exemplos de telas de supervisões.

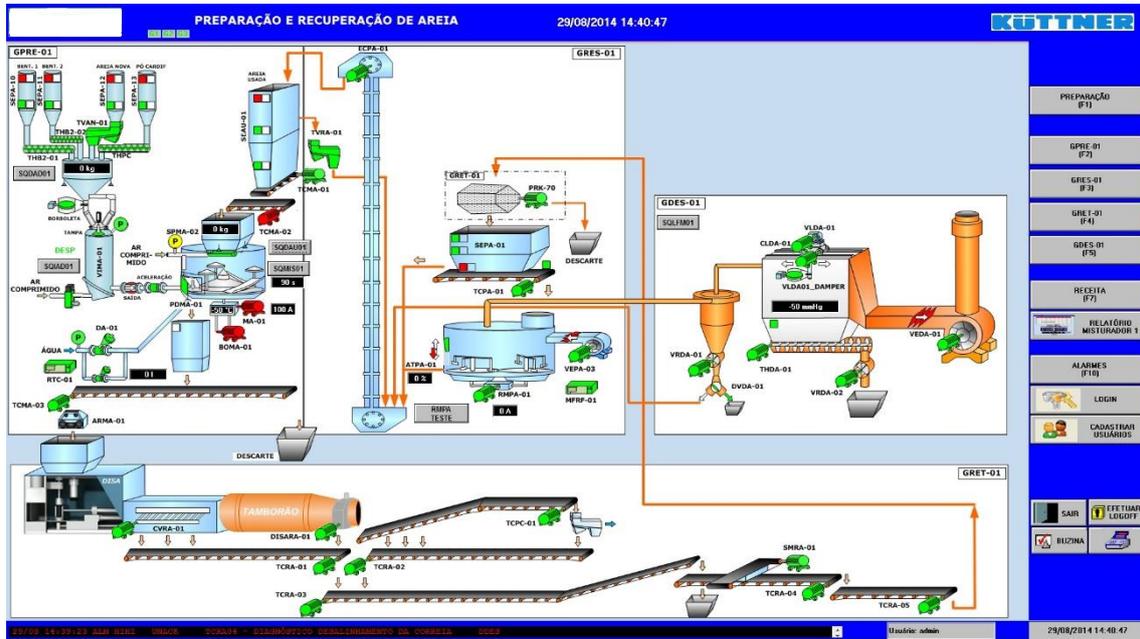


Figura 8. Tela do Sistema Supervisório

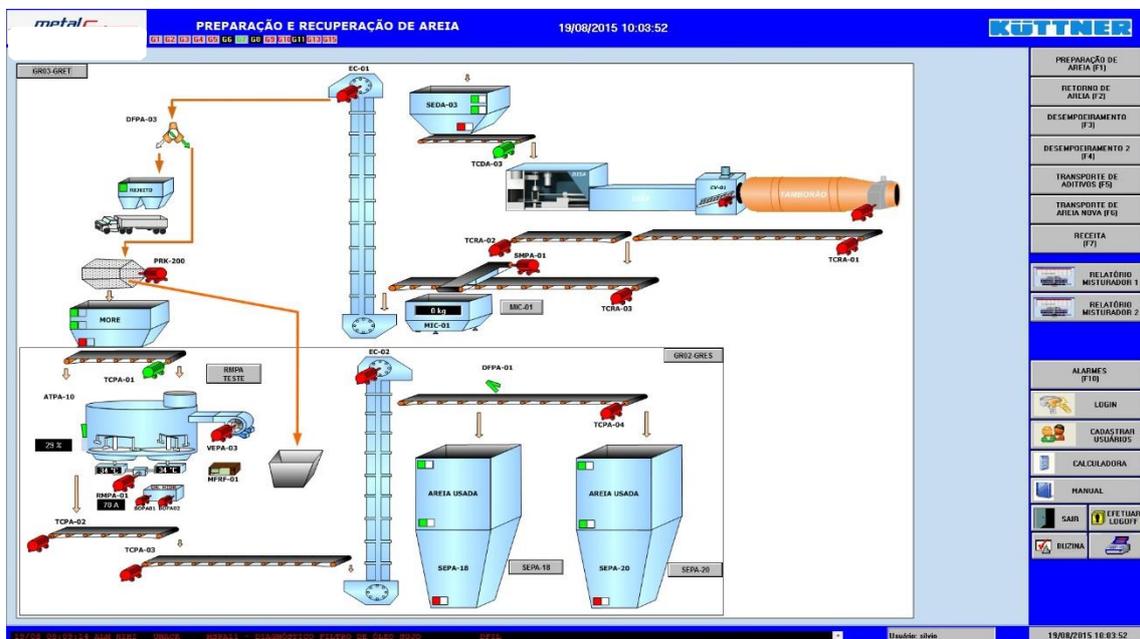


Figura 9. Tela do Sistema Supervisório

2.4.5.4 Sistema de Despoejamento

O atendimento as normas ambientais vigentes, além de uma exigência legal e de um compromisso da empresa com os funcionários, clientes e com a sociedade, pode ser um fator de qualidade e eficiência operacional.

Como também apresentado no paper *A Importância da Engenharia Básica para Correta Definição Técnica dos Sistemas e Equipamentos em Projetos de Investimento na Fundição – CONAF 2022 – Barros*, pode-se afirmar que os pontos abaixo são de suma importância para o perfeito funcionamento do sistema :

Definições:

- Capacidade operacional/projeto;
- Atendimentos as normas ambientais.

Objetivos:

- Otimização operacional e energética;
- Abrangência do sistema em todos pontos de onde a captação se faz necessária e da vazão do sistema;
- Dimensionamento correto do(s) Filtro(s) de Mangas.

Vícios de projeto a serem evitados:

- Exaustão/captação ineficiente em diversos pontos;
- Subdimensionamento do Filtro de Mangas;
- Ambiente com áreas insalubres devido a partículas em suspensão.

Algumas especificações que devem ser adotadas:

- Definição dos pontos de enclausuramento e dos pontos com captação por coifas.



Figura 10. Exemplos de enclausuramentos e captores

- Definição da quantidade de sistemas independentes e conseqüentemente de Filtros de Mangas.



Figura 11. Exemplo de uma Central de Filtros de Mangas

3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser verificado, em um processo de Fundição de Peças Metálicas por Areia Verde, depois da carga metálica a qualidade da areia é o ponto mais importante e fundamental para o atingimento do resultado final de qualidade, capacidade e produtividade desejada.

Com isto, pode se afirmar que ter em uma Fundição um Sistema de Preparação e Recuperação de Areia corretamente projetado e dimensionado, com equipamentos eficientes que proporcione se alcançar uma operação dentro de um padrão de benchmarking, é algo fundamental para a qualidade final do produto, eficiência e capacidade do processo, assim como para a obtenção de um OPEX competitivo.

4- AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o apoio técnico da equipe da Kuttner do Brasil em especial aos senhores Hilário Araújo, Antônio Massuda e Fernando Vidal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mascarenhas Filho. **Fundição em Areia Verde: Uma Abordagem Experimental**. TCC Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2016

SOUZA, J. C. **Reutilização de Areia a verde descartada de fundição ligada com $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}/\text{CO}_2$ na preparação de moldes não permanentes**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência de Materiais. Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BONIN, André L. **Reutilização da Areia Preta de Fundição na Construção Civil**. Congresso de Fundição. São Paulo, 1995. Anais. São Paulo, 1995.

ARAUJO, Hilário. **A viabilidade do processo de moldagem em areia verde**. Encontro de Fundidores – A Fundição *State of the Art*. Joinville, 2023.

ROMANUS, Arnaldo. **Areias de Moldagem a verde**. Foundry – Cursos e Orientações LTDA. 1ª edição 1991.

Barros Júnior. **A Importância da Engenharia Básica para Correta Definição Técnica dos Sistemas e Equipamentos em Projetos de Investimento na Fundição**. 19º CONGRESSO ABIFA DE FUNDIÇÃO. 2022

<https://old.foundrygate.com/upload/artigos/Areias%20de%20Moldagem%20a%20Verde%20%28II%29.pdf>