

PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA INSTALAÇÃO DE GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO INTEGRADA COM CICLO COMBINADO GÁS/VAPOR

Carlos Roberto Altafini

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica
Cx. P. 1352 - 95070-560 – Caxias do Sul, RS, Brasil

***Resumo.** Os principais méritos das instalações de gaseificação integradas com ciclos combinados gás/vapor, que em inglês são designadas por “Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC power plants”, quando comparadas àquelas tradicionais de combustão direta do carvão, são a possibilidade de construí-las por partes e o melhor desempenho termodinâmico e ambiental. Neste artigo são analisados os principais parâmetros utilizados para medir a eficiência termodinâmica de uma instalação IGCC real, cujos resultados são obtidos por simulações em computador. Os resultados mostrados neste trabalho referem-se às simulações da instalação para funcionar em condições de 100% de carga com um combustível que é uma mistura de partes iguais de um determinado tipo de carvão e coque de petróleo solidificado. Os resultados obtidos são confrontados àqueles esperados pelos construtores da instalação e reproduzem com boa precisão todos os seus subsistemas.*

***Palavras-chaves:** Simulação, Gaseificação, Ciclo-combinado, Turbogás.*

1. INTRODUÇÃO

A integração entre uma instalação de geração de potência a ciclo combinado gás/vapor e uma planta de gaseificação constitui a base das instalações IGCC. Uma planta de gaseificação produz um combustível sintético, freqüentemente chamado pelo nome de “syngas” (synthesis gas), resultante da gaseificação de um combustível fóssil (carvão) ou um hidrocarboneto pesado (alcatrão) ou, ainda, de um combustível renovável (biomassa).

Nas últimas duas décadas tem crescido o interesse pelo desenvolvimento de uma nova geração de instalações, que possa operar com melhor eficiência e disponibilidade, consentindo o uso de combustíveis de baixa qualidade, com menor custo de capital, tempo reduzido de construção e possibilidade de montar subsistemas de forma independente. A manter-se o atual consumo mundial de petróleo e gás natural, a estimativa média de exaurimento de suas reservas é de cerca 55 anos (Dürrfeld, 1997). Em confronto a esta situação desfavorável, há a abundância das reservas de carvão, que ainda frente a um incremento no consumo deste combustível de cerca 3% ao ano (Takematsu & Maude, 1991), possuem uma duração de aproximadamente de 230 anos (Dürrfeld, 1997) (Thambimuthu, 1993). A consequência óbvia

será um aumento significativo nos preços do petróleo e do gás natural. Disto deriva um desafio para converter a energia contida no carvão de forma eficiente, econômica e com os menores efeitos poluentes possíveis. Todavia, é em geral reconhecido que nas últimas três décadas os melhoramentos das tecnologias envolvidas nas centrais convencionais de geração de potência a carvão sofreram uma significativa desaceleração, dado que o projeto de tais centrais está sujeito às limitações práticas estabelecidas pelas leis da Termodinâmica e pelas propriedades dos materiais. Contrariamente a isto, é observado um crescente aperfeiçoamento na tecnologia das turbinas a gás para uso industrial. A ampla disponibilidade de tamanhos destas máquinas permitiu a abertura de novas perspectivas de desenvolvimento. Isto foi observado na possibilidade de combinar de forma altamente eficiente os ciclos das turbinas a gás com aqueles das turbinas a vapor (ciclos combinados gás/vapor). A estes conceitos avançados de caráter termodinâmico, se avizinha a aplicação de diversas tecnologias de processos químicos, que tem aberto outras frentes de pesquisa para a utilização mais eficiente do carvão. A integração dos ciclos combinados com os processos de gaseificação de carvão, em concomitância aos processos de depuração a quente ou a frio do “syngas” produzido e ao processo de separação criogênica do ar, compondo assim as instalações IGCC, pode constituir a opção mais nobre de utilização do carvão em confronto às tecnologias convencionais. Isto é especialmente devido à reduzida emissão de substâncias poluentes das plantas IGCC, uma vez que o “syngas” produzido no gaseificador vem depurado antes de ser queimado na câmara de combustão da turbina a gás.

O esquema de base das instalações IGCC é normalmente constituído de 4 subsistemas: de gaseificação, de depuração, de separação do ar e de potência. Nas plantas atuais, estes subsistemas são altamente integrados para conferir às mesmas um maior rendimento global. Desta forma, além da superior eficiência termodinâmica das instalações IGCC em comparação àquelas de tecnologia convencional com combustão direta do carvão, estas instalações apresentam uma melhor eficiência ambiental, menor consumo de energia primária e a possibilidade de montagem dos subsistemas em tempos diferentes.

Para o estudo e análise das instalações IGCC, bem como de outros sistemas de conversão de energia para geração de potência é importante dispor-se de simuladores computacionais adequados, flexíveis e precisos. Estes simuladores podem ser usados com boa precisão para simular o funcionamento dos sistemas de conversão de energia em condições de projeto e em condições fora de projeto, permitindo definir a estratégia mais conveniente de operação em função da carga. Simuladores modulares são apropriados para atender estes objetivos, onde cada módulo representa um componente do sistema (compressor, bomba, turbina a vapor, turbina a gás, trocador de calor, etc.).

A disponibilidade de novos módulos (gaseificador, unidade de separação do ar, saturador, etc.) permite a análise de instalações IGCC em diversas condições de funcionamento. Em Altafini et al. (1998), são apresentados uma breve explanação dos novos módulos e os resultados da análise termodinâmica de uma instalação IGCC em particular, funcionando em regime de carga total e parcial (75% e 50%). No presente artigo são avaliados os rendimentos dos principais subsistemas que compõem a instalação IGCC estudada na referência anterior e como estes rendimentos influenciam o desempenho global da mesma. Desta forma, são analisados os principais parâmetros de operação dos vários processos e também as potencialidades do simulador disponível em simular instalações de geração de potência de tipo avançado. A confiabilidade dos resultados é em geral boa, particularmente em condições de projeto, para a qual se obteve maior disponibilidade de informações. Os subsistemas mais usuais (turbina a gás e ciclo a vapor) foram simulados com boa precisão. Os resultados foram também bons para as seções de gaseificação, de depuração do “syngas” produzido e de separação do ar, apesar da necessidade de se fazer algumas simplificações devido às incertezas de operação, especialmente em condições fora de projeto.

2. SIMULADOR DE ANÁLISE

Para os estudos apresentados neste artigo foi utilizado o programa DIMAP desenvolvido no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Padova/Itália (Lazzaretto et al., 1995). O esquema de processo da instalação é construído conectando os módulos selecionados na biblioteca do programa, permitindo o estudo das mais diferentes configurações de sistemas de conversão de energia. Os módulos disponíveis na biblioteca do programa DIMAP representam componentes convencionais, tais como turbina a vapor, turbina a gás, compressor, bomba, trocador de calor, etc.; alguns outros, representam os processos de gaseificação, de separação do ar, de saturação, etc., e foram implementados para simular instalações IGCC.

Como o programa utilizado constitui um instrumento para análise global de uma instalação de conversão de energia, a sua concepção foi orientada para uma maior rapidez na execução dos cálculos; por isso o nível de detalhe implementado para a descrição dos módulos foi tal que permita um estudo global dos desempenhos dos componentes, sem entrar nas características construtivas dos mesmos. Neste sentido, todos os modelos implementados no programa seguem um procedimento de tipo 0-dimensional baseado, em geral, nas equações de balanço de massa, balanço de energia e nas equações que associam as pressões em ingresso àquelas na saída do componente. Nos módulos que representam as turbinas, o compressor e a bomba, às equações citadas são acrescentadas aquelas que definem o rendimento isoentrópico, o rendimento mecânico e a relação de compressão. Para os trocadores de calor são adicionadas as relações que envolvem o produto “UA” (coeficiente global de transferência de calor pela superfície de troca térmica) e a relação que define a diferença média logarítmica de temperatura. Para o gaseificador é associado a hipótese de que o processo de gaseificação se realiza em equilíbrio químico, utilizando-se o método da minimização da energia livre de Gibbs. Para o processo de separação do ar é acrescentado um rendimento exergético e para o processo de saturação, se adiciona as considerações para os processos de misturas de gases (no caso “syngas”-vapor d’água) para o cálculo da temperatura de saída do “syngas” do saturador. Como já mencionado, a modelagem dos três últimos processos está descrito em Altafini et al. (1998).

3. EFICIÊNCIA DE UMA INSTALAÇÃO IGCC

Os fluxos de energia envolvidos em uma instalação IGCC podem ser identificados no fluxograma da Fig. 1.

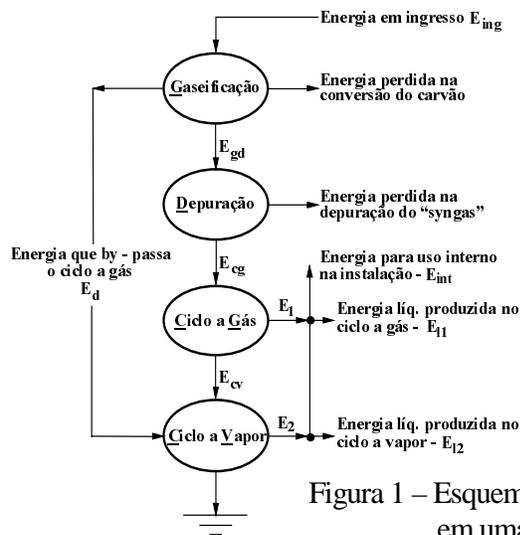


Figura 1 – Esquema dos fluxos de energia em uma instalação IGCC

É possível exprimir o rendimento global de uma instalação IGCC como uma função dos rendimentos dos sistemas que a compõe, além do termo que envolve a energia que by-passa o ciclo a gás. Ou seja $\eta = f(\eta_{\text{conv}}, \eta_{\text{cg}}, \eta_{\text{cv}}, \eta_{\text{ger}}, R_d)$, cujos termos referem-se ao seguinte:

η é o rendimento global = $(E_1 + E_2 - E_{\text{int}}) / E_{\text{ing}}$;

η_{conv} é o rendimento de conversão do carvão = $(E_d + E_{\text{cg}}) / E_{\text{ing}}$;

η_{cg} é o rendimento do ciclo a gás = E_1 / E_{cg} ;

η_{cv} é o rendimento do ciclo a vapor = $E_2 / (E_{\text{cv}} + E_d)$;

η_{ger} é o rendimento de geração = $(E_1 + E_2 - E_{\text{int}}) / (E_1 + E_2)$;

R_d é a razão de energia by-passada = E_d / E_{ing} e $0 \leq R_d \leq 1$.

O rendimento global, η (adiante denotado por rendimento elétrico η_{el}), representa a eficiência global com a qual a energia potencial recuperada do carvão é convertida em energia elétrica vendável, após a dedução de qualquer energia necessária ao funcionamento do sistema. O rendimento de conversão do carvão, η_{conv} , representa a eficiência com a qual a energia potencial recuperada do carvão nos processos de gaseificação e de depuração é convertida em energia útil para a sucessiva conversão no sistema de potência. O termo E_d representa a fração da energia de ingresso (E_{ing}) que não contribui à geração de energia mecânica no ciclo a gás, mas que é disponível no ciclo a vapor; daí a razão de energia by-passada R_d . Esse termo é igual zero para o ciclo combinado gás/vapor operante com gás natural, no qual somente os gases de descarga do turbogás geram vapor (caldeira de recuperação), enquanto é igual a 1 para as centrais convencionais com combustão direta do carvão, que não possuindo o componente turbogás, recuperam toda a energia do combustível ao ingresso para a geração de vapor. Em geral, nas instalações IGCC existe o by-pass de energia devido à necessidade de recuperação inerente aos processos de gaseificação e de depuração. A recuperação é realizada por trocadores de calor convenientemente instalados naquelas seções, gerando vapor para uso no subsistema de potência a vapor. O rendimento de geração, η_{ger} , considera a energia bruta produzida no sistema de potência a menos da energia consumida internamente. Todas as instalações de geração de potência são caracterizadas por um consumo interno de energia. Porém, é possível que as instalações IGCC possuam um consumo interno superior àquele observado nas centrais termoeletricas convencionais. Isto se verifica nas instalações IGCC que utilizam oxigênio puro no processo de gaseificação, onde o consumo de energia para o funcionamento do sistema de separação do ar é muito alto.

É possível exprimir a equação do rendimento global na forma:

$$\eta = \eta_{\text{conv}} \left[\eta_{\text{cg}} (1 - \eta_{\text{cv}}) \left(1 - \frac{R_d}{\eta_{\text{conv}}} \right) + \eta_{\text{cv}} \right] \eta_{\text{ger}} \quad (1)$$

Observa-se da Eq. (1) que para as instalações convencionais, para as quais R_d é igual a 1, e supondo η_{conv} igual a 1, o rendimento global resulta igual ao produto $\eta_{\text{cv}} \eta_{\text{ger}}$; para os ciclos combinados gás/vapor operantes a gás natural, para os quais R_d é igual a zero, e se η_{conv} igual a 1, a Eq. (1) resulta igual a

$$\eta_{\text{cc}} = (\eta_{\text{cg}} + \eta_{\text{cv}} - \eta_{\text{cg}} \eta_{\text{cv}}) \eta_{\text{ger}} \quad (2)$$

onde η_{cc} é o rendimento global do ciclo combinado.

Da Eq. (1) pode-se observar que η é proporcional à η_{conv} , mas inversamente proporcional à R_d . Isto é, quanto maior é η_{conv} , com todos os termos mantidos constantes, tanto maior será η . De forma análoga, quanto maior for R_d , tanto menor será η . Em verdade, em um sistema

complexo como é uma instalação IGCC, existe uma interação muito forte entre as diversas seções, do que resulta em uma forte dependência entre os parâmetros de funcionamento da instalação. Entretanto, é possível dizer intuitivamente que para maximizar η , é necessário maximizar η_{conv} , minimizar R_d e minimizar a energia consumida internamente na instalação.

O rendimento η_{conv} é amplamente associado ao tipo de gaseificador, à modalidade de alimentação do carvão, ao tipo de sistema de depuração utilizado, ao agente gaseificante empregado (ar ou oxigênio), etc.. Com relação ao parâmetro de by-pass, é importante uma análise mais aprofundada sobre o mesmo para avaliar com maior precisão a sua influência sobre os rendimentos dos diversos sistemas da instalação, como também sobre o η .

4. INSTALAÇÃO IGCC ANALISADA

Para este estudo foi analisado uma instalação IGCC baseada na tecnologia PRENFLO (Pressurized Entrained Flow) de gaseificação do carvão. A instalação foi projetada para produzir uma potência bruta de 335 MWe (condições ISO) com um rendimento global de 45% baseado no poder calorífico inferior do combustível em ingresso. Nessa instalação foram aplicadas as mais avançadas tecnologias, onde vários subsistemas [gaseificação, depuração do gás combustível produzido, unidade de separação do ar (USA) e ciclo combinado] são integrados para alcançar os mais altos rendimentos. As características da instalação, cujos detalhes se encontram em Sendin, et al. (1994), Zeppi (1994), Sendin, et al. (1996), Altafini (1998), são apresentadas no esquema de processo da Fig. 2.

Na Fig. 2 são identificados todos os componentes e os principais dados de funcionamento da instalação em condições de projeto. De forma resumida, são as seguintes as características mais importantes da instalação: combustível entra na planta constituído por uma mistura de 50% de carvão local (mina de Puertollano/Espanha) e 50% de coque de petróleo solidificado (refinaria em área adjacente à mina); secagem e moagem do combustível na seção de preparação do combustível através de um circuito fechado de gases quentes reciclados e produzidos pela queima de gás natural; envio do combustível preparado ao gaseificador do tipo leito recirculante (PRENFLO), onde é gaseificado com O_2 ; resfriamento repentino do “syngas” impuro que sai do gaseificador por meio de uma parcela de “syngas” posteriormente resfriado em trocadores de calor convectivos de alta pressão (AP) e de média pressão (MP); passagem do “syngas” impuro por filtros cerâmicos (retirada de material particulado), seguindo para um scrubber Venturi para a remoção dos compostos halogênicos e alcalinos a temperatura de cerca 126°C; hidrólise de COS (sulfeto de carbonila) para converter este composto contido no “syngas” impuro em H_2S (gás sulfídrico); lavagem química a 40°C do “syngas” contendo H_2S , em uma unidade MDEA (solvente Metil-DiEtanol-Amina); recuperação do enxofre elementar em uma unidade Claus; envio do “syngas” depurado ao saturador; queima do “syngas” limpo, saturado e diluído com N_2 (para controle das emissões de NO_x e aumento do rendimento da instalação e sua potência) na câmara de combustão da turbina a gás; aproveitamento do calor sensível do ar extraído do turbocompressor para funcionamento da USA para a produção de vapor de baixa pressão (BP), para reaquecer a água de saturação do “syngas” e para pré-aquecer o N_2 de diluição; extração de ar de estágios intermediários do turbocompressor (cerca de 20,6% do fluxo de massa de ar de ingresso) para resfriamento dos estágios da turbina a gás; superaquecimento do vapor AP e aquele MP produzidos no SG (Subsistema de Gaseificação) na CR (Caldeira de Recuperação), e posterior expansão em duas turbinas juntamente com o vapor AP, MP e BP gerados na CR; condensação do vapor da descarga da turbina de BP.

Para uma melhor representação do esquema de processo da instalação, se divide o mesmo nos subsistemas identificados no fluxograma da Fig. 3.

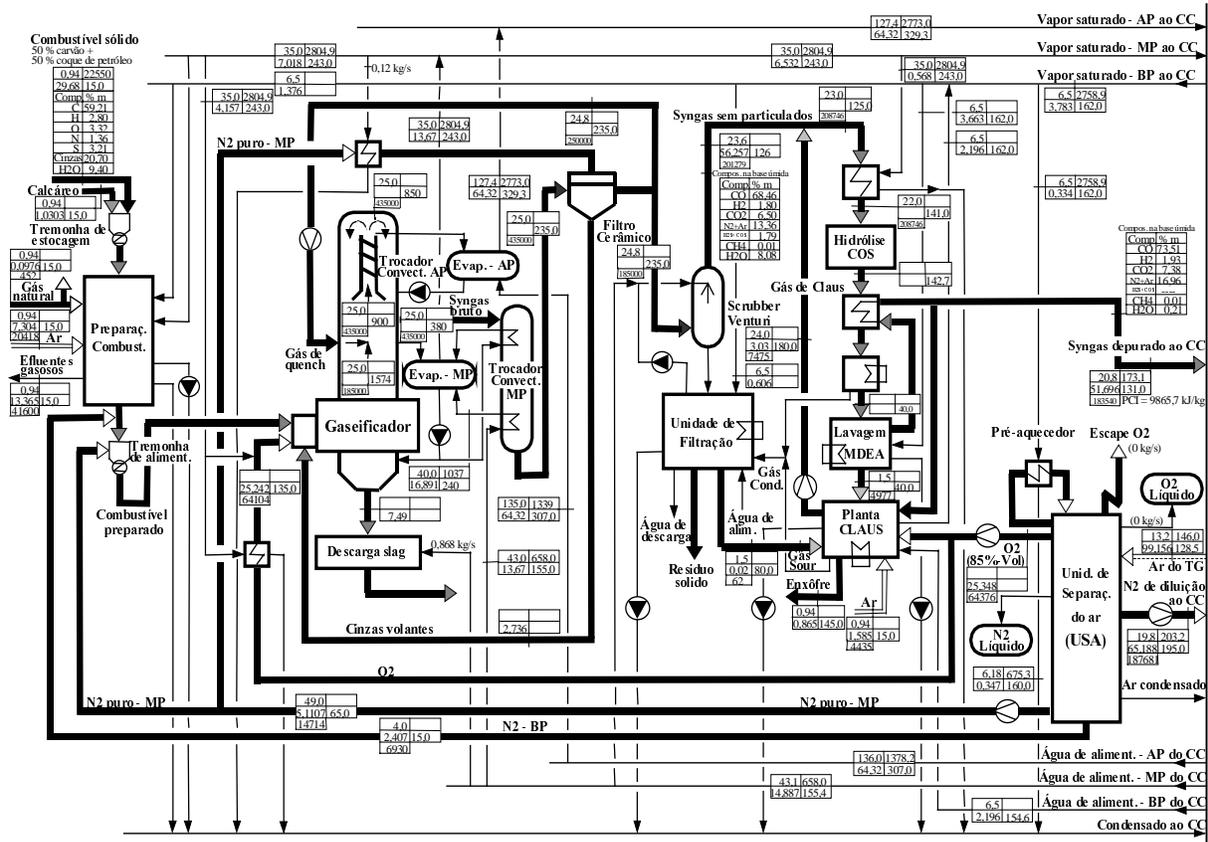


Figura 2 - Instalação IGCC analisada - Esquema do processo e dos relativos fluxos.

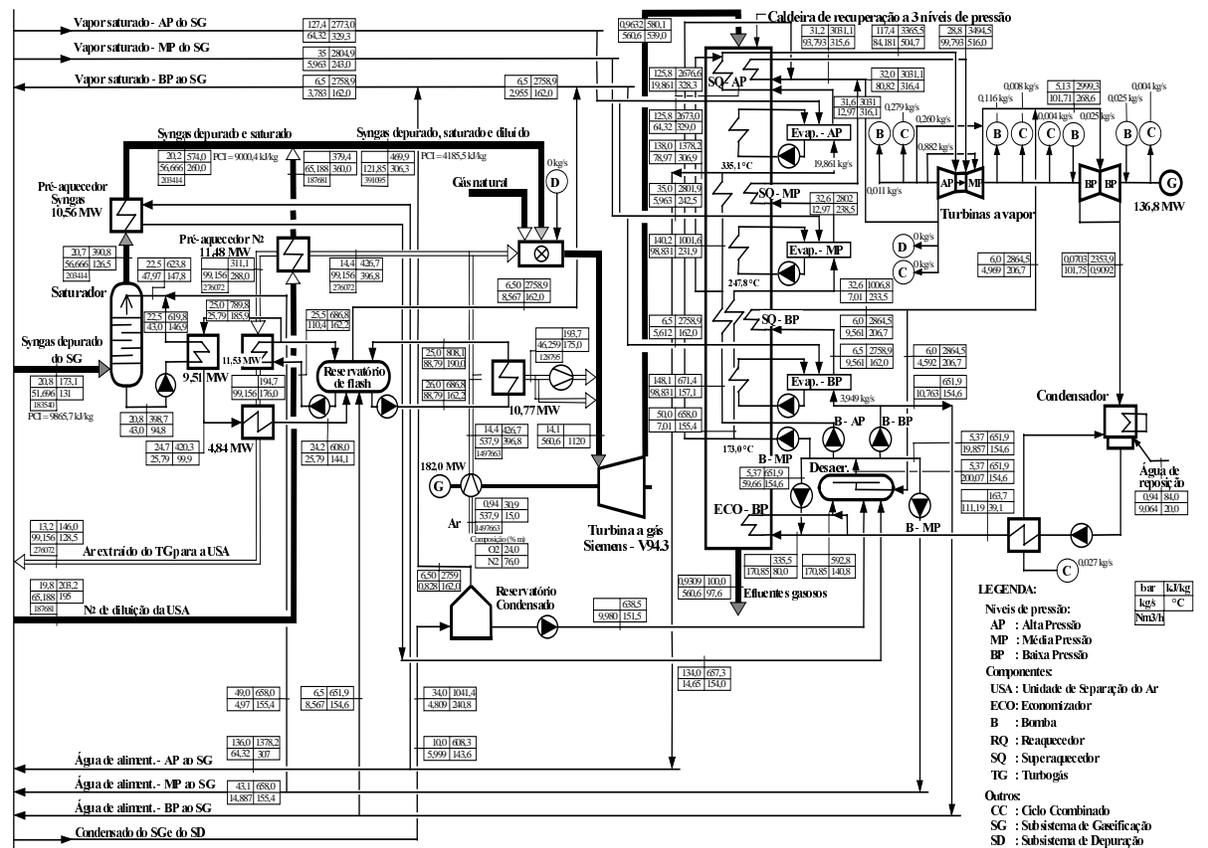


Figura 2 - Continuação

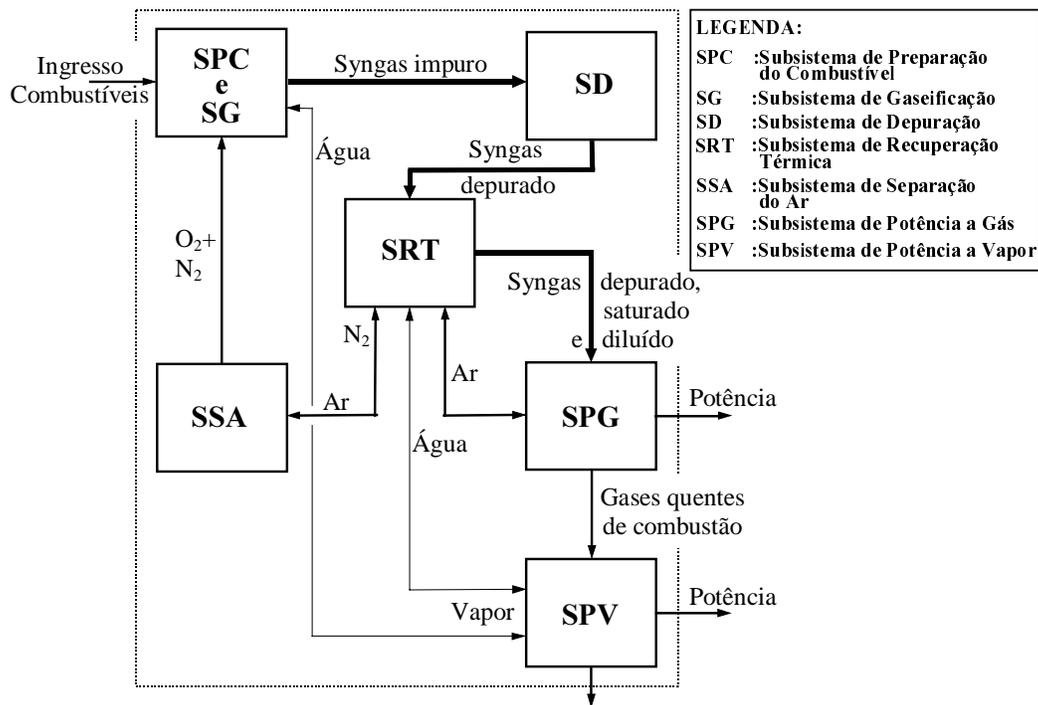


Figura 3 – Principais seções da instalação IGCC analisada

5. ANÁLISE ENERGÉTICA DA INSTALAÇÃO SOB CARGA DE PROJETO

Para a análise energética da instalação em estudo, alguns dados de entrada devem ser especificados para definir as condições de operação de todos os componentes. De acordo com as informações conhecidas sobre a instalação e que estão identificadas na Fig. 2, foram realizadas as simulações. Os vários fluxos de energia ao ingresso, à saída e entre os subsistemas da instalação são esquematizados na Fig. 4. Também são indicados os percentuais dos principais fluxos com relação àqueles dos combustíveis (carvão + coque de petróleo e gás natural) ao ingresso.

Uma vez que se prevê que o O_2 de gaseificação e o N_2 de diluição saem da USA já na pressão à qual deverão ser usados na instalação (31,0 bar e 19,8 bar, respectivamente), foi considerado que fazem parte integrante da USA tanto os compressores de O_2 e de N_2 de diluição, quanto outros supostos consumidores auxiliares usados para obtenção das temperaturas criogênicas (dados não disponíveis). Com um rendimento da USA adotado de 17% (Perry & Green, 1984), resulta uma potência de geração de 22,68 MW, que se justifica sobretudo para a compressão do O_2 até 31,0 bar e para a compressão do N_2 de diluição até 19,8 bar. A potência de separação somada à potência consumida no compressor de N_2 puro (cerca de 1,49 MW) determina um consumo de 0,265 kWh para produzir 1 kg de O_2 com pureza de 85% em volume, valor que se acha compreendido entre aqueles reportados em UNIPEDA (1993). Do balanço de energia na USA resulta um troca térmica com o exterior de 20,63 MW. Este valor é um tanto elevado em comparação aos 22,68 MW da potência de separação. Entretanto, salienta-se que no interior da USA acontece uma grande troca de calor devido ao resfriamento do ar da temperatura à entrada (128,8°C) até aquela antes da coluna de fracionamento (cerca de 15°C), através de água de resfriamento e N_2 de refluxo, e devido da compressão interrefrigerada do O_2 até 31,0 bar.

É importante salientar que as perdas no subsistema de potência a vapor (245,18 MW) consideram sobretudo a energia dispersa no ambiente através do ar que escoar em contracorrente com a água na torre de resfriamento de tiragem natural. Esta foi considerada

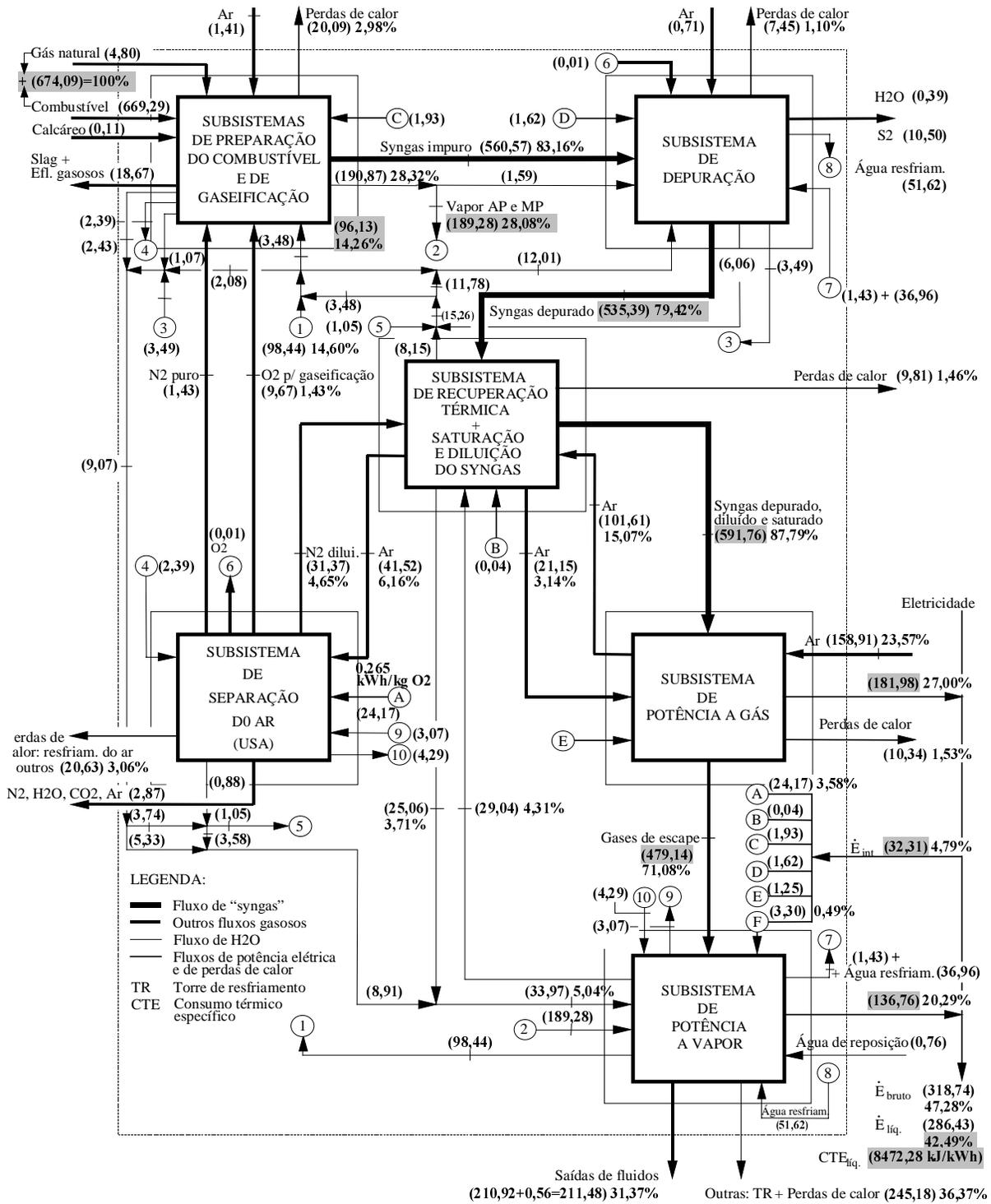


Figura 4 – Balanço energético da instalação sob estudo em condições de projeto. (Os valores entre parênteses são em MW).

como parte integrante do subsistema de potência a vapor.

O rendimento global da instalação η , neste ponto denotado por rendimento elétrico " η_{el} " (ou ainda rendimento líquido) é calculado pela equação

$$\eta_{el} = (\dot{E}_{TG} + \dot{E}_{TV} - \dot{E}_{int}) / \dot{m}_{comb} PCI_{comb} \quad (3)$$

onde \dot{E}_{TG} é a potência produzida pelo turbogás, \dot{E}_{TV} é a potência produzida pelas turbinas a vapor, \dot{E}_{int} é a potência consumida internamente na instalação, \dot{m}_{comb} e PCI_{comb} são, respectivamente, o fluxo de massa e o poder calorífico inferior do combustível. Estes dois últimos termos fazem referência a mistura carvão-coque de petróleo e ao gás natural que ingressam no SPC. Como identificado na Fig. 4 o valor de η_{el} é de 42,49%.

Se define também um rendimento total pela equação

$$\eta_{tot} = (\dot{E}_{TG} + \dot{E}_{TV}) / (\dot{m}_{comb} PCI_{comb} + \dot{E}_{int}) \quad (4)$$

que para os valores indicados na Fig. 4, η_{tot} resulta igual a 45,12%.

O rendimento elétrico, η_{el} , pode também ser determinado através de uma forma modificada da Eq. (1), considerando os fluxos de retorno entre os subsistemas:

$$\eta_{el} = \eta_{conv} \left\{ \left[\eta_{cg} + \eta_{cv} \left(\frac{1}{R_{cg}} - \frac{1}{i_{rt}} \right) \right] \left(1 - \frac{R_d}{\eta_{conv}} \right) i_{rt} + \eta_{cv} \right\} \eta_{ger} \quad (5)$$

onde η_{conv} , η_{cg} , η_{cv} , η_{ger} e R_d foram já definidos na Seção 3; R_{cg} é a razão entre a potência térmica do “syngas” ao ingresso do SPG e a potência térmica dos gases de descarga a saída desse subsistema e i_{rt} é o índice de recuperação térmica do “syngas”. Este último termo é dado pela relação entre a potência térmica do “syngas” a saída e a entrada do SRT. De acordo com os valores dos fluxos de energia da Fig. 4, aqueles resultantes dos parâmetros anteriormente mencionados são apresentados na Tab. 1.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros do rendimento elétrico

Parâmetro	Cálculo (vide fluxos de energia na Fig.4)	Resultado
R_d	0,2808 – 0,1426	0,1382
η_{conv}	0,7942 + 0,1382	0,9324
η_{cg}	181,98 / 591,76	0,3075
η_{cv}	136,76 / [479,14+(189,28–96,13)]	0,2390
η_{ger}	(181,98+136,76-32,31)/(181,98+136,76)	0,8986
R_{cg}	591,76 / 479,14	1,2350
i_{rt}	591,76 / 535,39	1,1053

Os resultados da Tab. 1 substituídos na Eq. (5) permitem obter um η_{el} de 0,4249.

Como observa-se da Fig. 4 e da Tab. 1, o fluxo de energia que by-passa o SPG e vai usado diretamente no SPV representa 13,82% daquele à entrada da instalação. Este valor está dentro da faixa de valores (de 10 a 15%) reportado por Takematsu & Maude (1991).

Salienta-se ainda que considerando o enxofre elementar como um produto da instalação e subtraindo a potência térmica associada ao fluxo de tal substância (10,50 MW) do denominador da Eq. (3), resulta um η_{el} igual a 43,16%.

5. CONCLUSÃO

Apesar das hipóteses simplificativas adotadas para o algoritmo de cálculo (inclui a modelagem dos vários subsistemas da instalação) do programa utilizado, esse constitui-se numa ferramenta computacional simples, precisa e rápida para prever e analisar o

desempenho de instalações de geração de potência. Os resultados obtidos com o programa DIMAP mostraram uma boa concordância com aqueles esperados pelos projetistas da instalação e confirmam o bom desempenho termodinâmico da mesma ($\eta_{el}=42,49\%$, embora o valor esperado tenha sido 45%, como reportado na Seção 4). Não foi possível avaliar a influência do parâmetro de by-pass (R_d) sobre o rendimento global da instalação. Porém, verificou-se que o seu valor está compreendido entre aqueles esperados. Portanto, com relação ao parâmetro de by-pass, é importante uma análise mais aprofundada sobre o mesmo. Por último, observa-se que as condições consideradas dos vários fluxos são certamente passíveis de otimização, para assim melhorar a precisão dos resultados.

6. REFERÊNCIAS

- Altafini, C. R. et al., 1998, "Analysis and Simulation of an Integrated gasification Combined Cycle Power Plant", Proceedings of the ECOS'98, Vol. 2, pp. 641-647, Nancy/France.
- Altafini, C. R., 1998, "Analisi e Simulazione di Impianti di Gassificazione del Carbone Integrati con Ciclo Combinato Gas/Vapore" (in Italian), Ph.D. thesis, University of Padova, Italy.
- Dürrfeld, R., "IGCC-Treading the Path between Options and Acceptance", Conference on Gasification Technology in Practice", Milan/Italy, 1997.
- Lazzaretto, A., et al., 1995, "DIMAP, A Modular Computer Code for Thermodynamic, Exergetic and Thermo-economic Simulation of Energy Systems", Thermodynamics and the Design, Analysis, and Improvement of Energy Systems, ASME-International Mech. Engineering Congress and Exposition, San Francisco/USA.
- Perry, R. H. and Green, D., 1984, "Perry's Chemical Engineering Handbook", 6th ed., pp. 12/51-12/54, McGraw - Hill, New York.
- Sendin, U., et al., 1994, "The Puertollano IGCC Project, a 335 MW Demonstration Power Plant for the Electricity Companies in Europe", Conference on Gasification Power Plants-EPRI, San Francisco/USA.
- Sendin, U., et al., 1996, "Puertollano IGCC Project: Status and Research Work to improve the Current and Future IGCC Plants", Conference on Gasification Power Plants-EPRI, San Francisco/USA.
- Takematsu, T and Maude, C., "Coal Gasification for IGCC Power Generation", IEA Coal Research, IEACR/37, London, 1991.
- Thambimuthu, K. V., "Gas Cleaning for Advanced Coal-Based Power Generation", IEA Coal Research, IEACR/38, London, 1993.
- UNIPEDE Group of Experts: Thercoalgas, 1993, "Coal Gasification-Catalogue of Criteria".
- Zeppi, C., "Impianto IGCC di Puertollano (335 MWe)", Intern Report, ENEL/DSR/CRT, Pisa-Italia, 1994.

Abstract. *The main characteristics of the "Integrated Gasification Combined Cycle" (IGCC) power plants, when compared with the traditional coal power plants (PF - Pulverized Fuel), are the possibility of building them by parts and the best thermodynamic and environmental performances. In this paper the main parameters used to measure the thermodynamic efficiency of an actual IGCC power plant are analyzed. The results were obtained through computer simulations and the values refer to the design operation conditions. The inlet fuel is a mixture of equal parts of a coal and solid petroleum coke. The results obtained are compared with those expected by the builders of the plant and reproduce with good precision all its subsystems.*

Keywords: *Simulation; Gasification; Combined-Cycle; Gas-Turbine.*