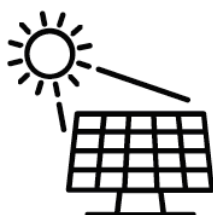




CIEEMAT`17

III Congresso
Ibero-Americano de
Empreendedorismo, Energia,
Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas

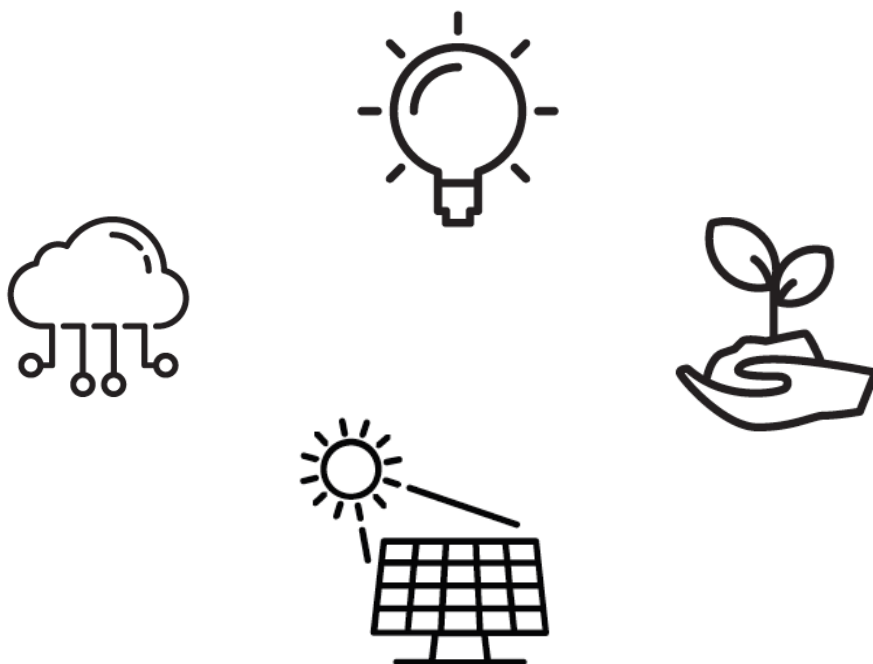
12 a 14 de julho de 2017





**III Congresso
Ibero-Americano de Empreendedorismo,
Energia, Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas**

12 a 14 de julho de 2017



Título: III Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tecnologia: Livro de atas

Editores: Américo Vicente Leite
Ana Isabel Pereira
Ângela Paula Ferreira
Artur Jorge Gonçalves
João Paulo Almeida
José Luis Calvo Rolle
Manuel Joaquim Feliciano
Orlando Manuel Soares
Ronney Arismel Boloy

Edição: Instituto Politécnico de Bragança – 2017
Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Portugal

Execução: Orlando Manuel Soares

ISBN: 978-972-745-230-9

URI: <http://hdl.handle.net/10198/14339>

Email: cieemat2017@ipb.pt

Apoios e Patrocínios:



Media Partner:



Análise de um Sistema de Aquecimento Urbano no Campus do Instituto Politécnico de Bragança

Paula V. Remor
Escola Superior Agrária (ESA)
Instituto Politécnico de Bragança
Campus Santa Apolónia
5300-253 Bragança, Portugal
paularemor94@gmail.com

João C. Azevedo
Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA,
Instituto Politécnico de Bragança
Campus Santa Apolónia
5300-253 Bragança, Portugal
jazevedo@ipb.pt

Rafael Arioli
Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Câmpus Medianeira
85884-000 Medianeira, Paraná, Brasil
arioli@utfpr.edu.br

Manuel Feliciano
Centro de Investigação de Montanha (CIMO), ESA,
Instituto Politécnico de Bragança
Campus Santa Apolónia
5300-253 Bragança, Portugal
msabenca@ipb.pt

Resumo— Um dos sistemas de aquecimento que se vem expandindo é o Aquecimento Urbano (*District Heating*), que possibilita o aquecimento de um conjunto de edifícios a partir de uma única central de aquecimento. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a possibilidade de converter o atual sistema de aquecimento do ar ambiente dos vários edifícios do Campus do Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, num sistema de Aquecimento Urbano alimentado a biomassa florestal na forma de *pellets*. Deste modo, recorreu-se ao *software* RETScreen para modelar o sistema atual de aquecimento do campus assim como para construir modelos de sistemas de aquecimento alternativos com os quais foi posteriormente comparado em termos energéticos e ambientais. Os resultados indicam que um sistema de aquecimento urbano utilizando biomassa como combustível é uma alternativa com benefícios a nível das emissões de Gases de Efeito Estufa e em termos de custos energéticos. Assim sendo, a conversão do sistema atual do IPB a gás natural num sistema a biomassa deve ser equacionada como uma solução viável num futuro próximo.

Palavras-chave — *District Heating*; *RETScreen*; *emissões de GEE*; *bioenergia*; *Bragança*

I. INTRODUÇÃO

O aquecimento sempre foi uma exigência humana básica, contudo, à medida que as sociedades se foram desenvolvendo e a população migrando para centros urbanos, este processo começou a exigir tecnologias mais eficientes [1].

O aumento das preocupações ambientais decorrentes da evolução crescente das emissões de Gases de Efeito Estufa associado ao uso de combustíveis fósseis, tem contribuído para a expansão, na Europa e na América do Norte, de

sistemas de Aquecimento Urbano (*District Heating*). O Aquecimento Urbano permite que um conjunto de edifícios sejam fornecidos de calor, água quente ou vapor de água a partir de uma fonte centralizada, para aquecimento de espaços físicos e/ou utilização direta [2].

A energia solar, geotérmica e da biomassa (bioenergia) são exemplos de fontes de energia renováveis frequentemente usadas em sistemas de aquecimento urbano [3] como uma das principais formas de reduzir o uso de combustíveis fósseis, sendo social e culturalmente aceites em grande parte do mundo.

A biomassa, depois de um período de esquecimento, vem ganhando espaço como fonte de energia em muitos países, desenvolvidos ou não [4]. O seu aproveitamento para fins energéticos traz vantagens não apenas na luta contra incêndios e emissões de gases com efeito de estufa (GEE), como também beneficia a economia dos países e das regiões, gerando oportunidades de emprego e negócios em diversos setores, para além de contribuir para uma menor dependência energética [5]. Por ser uma fonte renovável de energia que pode ser usada como substituta dos combustíveis fósseis na produção de calor e eletricidade, é considerada como uma das principais fontes de energia do futuro [6].

O presente estudo teve por objetivo avaliar a possibilidade de converter o sistema atual de aquecimento do Campus de Santa Apolónia (Instituto Politécnico de Bragança, Portugal) num sistema de Aquecimento Urbano com utilização de biomassa florestal na forma de *pellets* como combustível.

II. METODOLOGIA

A. Descrição Geral da Metodologia

Para alcançar os objetivos definidos, adotou-se uma metodologia que compreendeu seis etapas, como representado no esquema da Fig. 1.

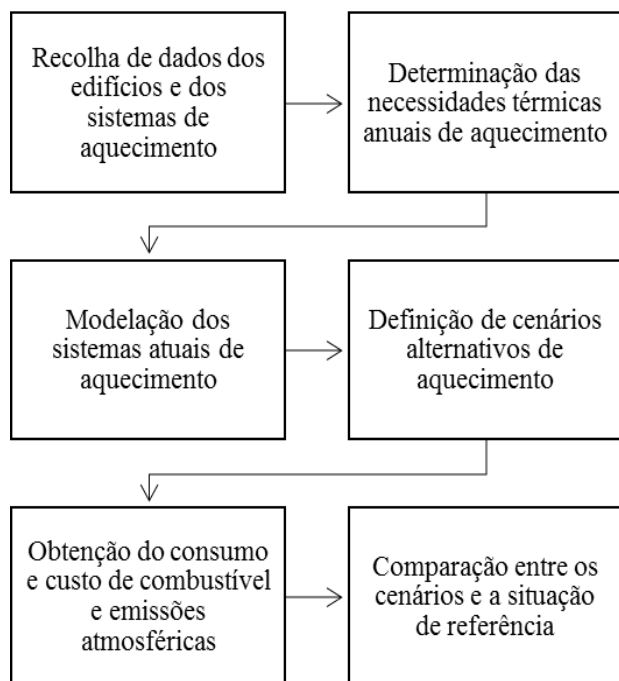


Fig. 1. Passos metodológicos seguidos no estudo.
Fonte: Adaptado de [7].

O procedimento iniciou-se com a recolha de dados das características dos edifícios, assim como dos seus sistemas de aquecimento. Tais dados incluem parâmetros como área, potência térmica das caldeiras e horários de funcionamento, entre outros. Seguidamente, procedeu-se à determinação das necessidades de aquecimento anuais, recorrendo à metodologia graus-dia (MGD) [8]. Este método baseia-se no cálculo do somatório da diferença entre uma temperatura base (no interior) e a temperatura média diária (no exterior), sempre que a temperatura diária for inferior à de base. Apesar da sua simplicidade, este método permite obter resultados aceitáveis.

Posteriormente, foi necessário estimar os valores das cargas médias de aquecimento para cada edifício, com base nas características de isolamento térmico dos edifícios e da temperatura de projeto de sistemas de aquecimento, bem como em resultados obtidos num estudo desenvolvido para um dos edifícios incluídos neste estudo, o da Escola Superior de Educação [9]. O poder calorífico usado para o gás natural foi de 39 MJ/m³ e para a biomassa de 17 MJ/kg.

Após estes passos, modelou-se o sistema atual de aquecimento de cada edifício, obtendo-se o consumo de combustível, os seus custos e também as emissões de GEE.

Posteriormente, definiram-se dois cenários alternativos de aquecimento e construíram-se os respetivos modelos. Os resultados obtidos para os cenários foram comparados entre si e com os resultados estimados para o sistema atual de aquecimento do Campus.

B. Caracterização da Situação Existente

O Campus de Santa Apolónia inclui dez edifícios, sendo eles as escolas de Tecnologia e Gestão (ESTiG), Agrária (ESA) e Educação (ESE); os serviços centrais, os serviços de

ação social, o centro académico, a cantina e três residências para estudantes (Fig. 2).



Fig. 2. Mapa do Campus de Santa Apolónia com a localização dos edifícios considerados neste estudo.
Fonte: Adaptado [10].

Este estudo particular, contudo, abrangerá apenas 7 dos 10 edifícios: as três escolas, ESA, ESE e ESTiG, a cantina e as duas residências estudantis no Campus: Verde e Castanha. A residência Gulbenkian, embora no exterior, foi também considerada dada a sua proximidade do Campus.

Atualmente, o Campus conta com sistemas de aquecimento convencionais e independentes. Cada edifício estudado possui uma ou mais caldeiras abastecidas a gás natural e tubulações que levam a água quente até radiadores instalados nas mais diversas tipologias de espaços. Os edifícios apresentam características construtivas e dimensões distintas, apresentando também diferenças em termos de necessidades térmicas, de potências térmicas instaladas, de cargas de aquecimento e horário de funcionamento das caldeiras.

A recolha dos dados necessários foi realizada por meio de consulta de documentos disponibilizados pelo IPB e também junto dos Serviços de Manutenção da mesma instituição. Neste estudo apenas se teve em consideração os consumos de gás para aquecimento para um ano de referência, a fim de realizar comparações com os sistemas alternativos de aquecimento.

Além disto, os dados meteorológicos utilizados são disponibilizados pelo próprio RETScreen, que permite o acesso a uma base de dados da NASA, que por sua vez recebe informação de estações meteorológicas da rede nacional de estações meteorológicas.

As Tabelas I e II apresentam algumas das mais importantes características dos edifícios estudados, que foram utilizadas para as modelações.

TABELA I. Áreas e cargas de aquecimento estimadas para os edifícios estudados

Edifício	Área (m ²)	Carga de Aquecimento (W.m ²)
ESA	13.810,00	45
ESE	7.589,00	48
ESTiG	12.239,00	45
Cantina	1.856,31	40
Res. Verde	3.720,05	48
Res. Castanha	1812,41	45
Res. Gulbenkian	683,52	58

TABELA II. Dados de aquecimento dos edifícios estudados

Edifício	Capacidade da Caldeira (kW)	Horário de Funcionamento
ESA	400 + 1000	Seg - Sex: 7h às 19h Sáb: 7h às 16h
ESE	250 + 150	Seg - Sab: 7h às 19h
ESTiG	1100	Seg - Sex: 7h às 21h Sáb: 7h às 16h
Cantina	250	Contínuo
Res. Verde	250 + 250	Contínuo
Res. Castanha	90 + 75	Contínuo
Res. Gulbenkian	90	Contínuo

C. Descrição dos Sistemas Propostos

De modo a identificar-se o melhor sistema de aquecimento a biomassa florestal, do ponto de vista energético e ambiental, foram definidos dois cenários para serem comparados entre si e com a situação atual de aquecimento no Campus (situação de referência):

Cenário 1: Sistema convencional com queima de biomassa. Este cenário é semelhante ao cenário de referência em que em cada edifício é instalado uma caldeira e radiadores nos mais variados espaços físicos. Contudo, as caldeiras dos edifícios são abastecidas com biomassa. Para a modelação deste cenário, a única alteração face à situação de referência foi a substituição do gás natural por biomassa peletizada. A transformação da biomassa em pellets resulta na compactação do material lenhoso, criando um combustível sólido muito mais uniforme, com melhores propriedades energéticas e mais fácil e barato de empacotar, transportar e armazenar.

Cenário 2: Aquecimento Urbano com utilização de biomassa. Este cenário inclui apenas uma central de aquecimento, abastecida a biomassa, para suprir as necessidades de aquecimento de todos os edifícios do Campus; A partir desta

central, a água quente é levada aos edifícios por uma malha de tubulações duplas subterrâneas que servem de saída de água quente (75 a 115° C) em direção aos sistemas de distribuição interna, por tubulações secundárias dos edifícios, e regresso da mesma à central de aquecimento, a uma temperatura inferior (35 a 60° C).

A modelação deste cenário teve por base as mesmas características dos edifícios adotadas para o cenário 1, tendo-se, no entanto, adotado uma caldeira com uma potência térmica igual à soma das potências térmicas instaladas em cada edifício (Tabela II). Os comprimentos das tubulações primárias e secundárias de transporte de água foram estimados por meio da plataforma Google Earth [11].

D. Ferramenta de Análise Energética e Ambiental

A modelação foi realizada com o *software* RETScreen 4 [12], ferramenta que permite avaliar uma série de situações como sistemas de aquecimento, arrefecimento, produção de calor e energia (cogeração), entre outros, obedecendo a parâmetros específicos dos edifícios.

O RETScreen é apresentado com uma interface Excel, sendo dividido em sete folhas de cálculo dinâmicas. A primeira é uma página inicial onde se faz a caracterização inicial do projeto a ser desenvolvido. Depois disso seguem-se as folhas de cálculo relativas ao Modelo Energético, à Análise de Custo, à Análise de Emissões de GEE, à Análise Financeira, à Análise de Risco e, por fim, ferramentas de apoio. Para projetos que envolvem produção de calor ou frio ainda se acrescenta a folha de cálculo referente à Carga e Rede. Esta, juntamente com a do Modelo Energético, são as de maior relevância para o presente trabalho, já que são nelas que se definem as principais características para o aquecimento, como a área dos edifícios e sua necessidade de aquecimento, a potência térmica das caldeiras, o combustível utilizado e também as características das tubulações, no caso do Aquecimento Urbano.

E. Emissões de GEE

Em adição à análise energética, desenvolveu-se a análise das emissões de GEE para a situação de referência e para cada um dos cenários. Para tanto, o RETScreen baseia-se em fatores de emissão dos combustíveis modelados (Tabela III).

TABELA III. Fator de Emissão de Poluentes

Poluente	Combustível (kg/GJ)	
	Pellets	Gás Natural
CO ₂	0,0000	49,400
CH ₄	0,0299	0,0036
N ₂ O	0,0037	0,0009

O fator de emissão referente ao CO₂ para a queima de pellets foi de zero, por se considerar que o CO₂ emitido é extraído da atmosfera durante o processo de fotossíntese [13][14].

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Consumo e Custo dos Combustíveis

Os resultados da modelação dos sistemas realizados em RETScreen, nomeadamente o consumo anual de combustível para cada edifício estudado e também o custo energético para o mesmo período, encontram-se apresentados nas tabelas IV a VI. Os preços do gás natural são os referidos em [15] e o da biomassa estimado com base nos valores do mercado nacional. Na Tabela IV apresentam-se os resultados do modelo relativo à situação atual em termos de consumo e custo anual de gás natural. Na mesma tabela são apresentados também os consumos reais de gás natural que por comparação com os valores estimados serviram para validação do modelo. As seguintes Tabelas V e VI apresentam os resultados de consumo e de custos de biomassa obtidos para os Cenários 1 e 2, respetivamente.

TABELA IV. Consumos e custos anuais da situação de referência e reais de gás natural

Edifício	Consumo Anual		Consumo Real
	Gás Natural (m³)	€/ano	Gás Natural (m³)
ESA	82.782	53.809	81.349
ESE	48.533	31.546	48.188
ESTiG	73.365	47.687	72.282
Cantina	9.891	6.429	7.573
Res. Verde	46.228	30.048	48.600
Res. Castanha	21.115	13.725	21.670
Res. Gulbenkian	10.264	5.521	12.203
Total	292.178	188.765	291.865

TABELA V. Consumos e custos da biomassa referentes ao cenário 1

Edifício	Consumo Anual	
	Biomassa (t)	\$
ESA	190	32.285,00
ESE	111	18.924,00
ESTiG	168	28.612,00
Cantina	23	3.857,00
Res. Verde	106	18.029,00
Res. Castanha	48	8.233,00
Res. Gulbenkian	23	4.000,00
Total	670	113.940,00

TABELA VI. Consumos e custos anuais referentes ao cenário 2

Edifício	Consumo Anual	
	Biomassa	\$
ESA	248	42.206,00
ESE	145	24.740,00
ESTiG	220	37.405,00
Cantina	29	5.042,00
Res. Verde	71	12.127,00
Res. Castanha	32	5.538,00
Res. Gulbenkian	15	2.690,00
Total	760	129.748,00

O consumo de cada edifício, de acordo com o expectável, varia em função da área e do período diário de aquecimento estabelecido para cada um dos edifícios. O maior consumo registado na ESA resulta da sua elevada área. Nas três residências, o consumo por unidade de área sofre um agravamento relativamente aos outros edifícios, pelo facto de serem espaços com períodos diários de aquecimento mais longos

B. Emissões de GEE

Os valores obtidos para as emissões de GEE estão apresentados na Tabela VII.

TABELA VII. Emissões de GEE para a situação de referência e para os cenários estudados

Edifício	Emissão de GEE (tCO2)		
	Situação de Referência	Cenários	
		1	2
ESA	160,6	6	
ESE	94,2	3,5	
ESTiG	142,3	5,3	
Cantina	19,2	0,7	22,8
Res. Verde	89,7	3,3	
Res. Castanha	41,0	1,5	
Res. Gulbenkian	19,9	0,7	
Total	563,5	20,9	22,7

Relativamente às emissões de GEE, os cenários, que envolvem a utilização de biomassa apresentam emissões substancialmente mais baixas do que as da situação de referência.

C. Discussão

Os resultados indicam que há diferenças consideráveis entre os sistemas testados. Os Cenários 1 e 2 constituem melhores alternativas em termos económicos e ambientais, por

terem menores custos com aquisição de combustível, reduzidas emissões de gases de efeito de estufa e maior contribuição para a redução do uso de combustíveis fósseis.

Resultados semelhantes foram encontrados por [16], que por meio de estudos comparativos entre diferentes combustíveis, obteve vantagens financeiras com o uso de *pellets* em relação ao gás natural.

O Cenário 2 não se apresentou o mais favorável em relação a custos e emissões de GEE, mas por outro lado, o Aquecimento Urbano apresenta outras vantagens. A centralização das unidades de aquecimento tem a vantagem de instalar grandes instalações que são mais suscetíveis a incorporação de tecnologias sofisticadas de controlo da poluição e de boas práticas de operação e manutenção dos equipamentos [17]. Além disso, os utilizadores podem beneficiar de maior confiabilidade, maior conforto, menor investimento, economia de custos operacionais, maior eficiência energética e maior flexibilidade no uso de combustíveis. Soma-se ainda que ocupam menores espaços de construção e controlo padronizado das condições térmicas dos edifícios [2] e permitem maior eficiência no controlo de partículas emitidas com a queima da biomassa.

Em adição à estas vantagens, sistemas de Aquecimento Urbano possibilitam a implantação de sistemas de cogeração - produção simultânea de eletricidade e calor - que aumentam substancialmente a eficiência destas centrais, pois aproveitam calor que seria perdido na produção de eletricidade.

IV. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, observou-se que o uso de biomassa florestal na forma peletizada apresenta vantagens ambientais e financeiras relativamente ao gás natural tornando-a uma opção promissora no uso como combustível para aquecimento de ar ambiente.

O Aquecimento Urbano não apresentou vantagens de custos nem ambientais quando comparado com o aquecimento convencional a biomassa, isso por apresentar perdas térmicas na distribuição de água quente, uma vez que o Campus do IPB tem uma grande extensão de área e os edifícios situam-se longe uns dos outros. Contudo, se comparado ao sistema atual, aponta-se como muito vantajoso para o ambiente e em termos de os gastos com aquisição de combustível. Ambientalmente, o uso de biomassa acarreta numa diminuição considerável no uso de combustíveis fósseis, além de contribuir pouco para emissão de gases que agravam o efeito estufa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Engenheiro João Barros pela disponibilização de informação relevante para o desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

[1] Danfoss. (2010). *The Heating Book - 8 Steps to Control of Heating Systems*. Control, 113-138. Retrieved from http://heating.danfoss.com/pcmfiles/1/master/he/library/heating_bo

ok.asp?menuid=4b642b70-fcb2-46b4-a1ac-bd0ac806f40e&menuid=54#

[2] Skagestad, B., & Mildenstein, P. (2002). *District Heating and Cooling Connection Handbook*. Canada: International Energy Agency. Retrieved from http://dedc.dk/sites/default/files/programme_of_research_development_and_demonstration_on_district_heating_and_cooling.pdf

[3] Ericsson, K., & Werner, S. (2016). The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems. *Biomass and Bioenergy*, 94, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.08.011>

[4] Cortez, L. A. B., Lora, E. E. S., & Gómez, E. O. (2008). Biomassa para energia. Campinas: UNICAMP. Retrieved from <http://www.nipe.unicamp.br/2013/docs/publicacoes/inte-biomassa-energia070814.pdf>

[5] Teixeira, L. M. de A. (2009). Opções de utilização da biomassa florestal no contexto energético de Portugal. Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto.

[6] Novakovic, V. (2014). Biomass combined heat and power (CHP) for electricity and district heating. Norwegian University of Science and Technology.

[7] Vallios, I., Tsoutsos, T., & Papadakis, G. (2009). Design of biomass district heating systems. *Biomass and Bioenergy*, 33(4), 659-678. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.009>

[8] Goulart, S. V. G. (1993). *Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis*. Universidade Federal de Santa Catarina. Retrieved from http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Solange_Goulart.pdf

[9] Cota, S. M. A. (2014). *Análise Energética de um Edifício Público*. Instituto Politécnico de Bragança.

[10] Instituto Politécnico de Bragança. (2017). IPB - Campus Bragança. Retrieved May 18, 2017, from <http://portal3.ipb.pt/index.php/pt/ipb/quem-somos/contactos-e-localizacao/campus-braganca>

[11] Google. (2017). Google Earth. Retrieved May 24, 2017, from <https://earth.google.com/web/>

[12] RETScreen. (2017). RETScreen | Natural Resources Canada. Retrieved May 22, 2017, from <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>

[13] Soares, T. S., Carneiro, A. de C. O., Gonçalves, E. de O., & Lelles, J. G. de. (2006, August). *Uso da Biomassa Florestal na Geração de Energia*, 9. Retrieved from https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/floresta1_000gapwcajw02wx5ok04xjloyxd3fpu2.pdf

[14] Nunes, L. J. R. (2015). *A Utilização de Biomassa como Alternativa Energética para a Sustentabilidade e Competitividade da Indústria Portuguesa*. Universidade da Beira Interior.

[15] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). (2017). *Tarifas e preços de gás natural para o ano 2016-2017 e parâmetros para o período de regulação 2016-2019*, 1-289.

[16] Sá, A. J. da F. e. (2009). *Caracterização da Recolha de Matéria-Prima para a Produção de Pellets*. Universidade de Aveiro. Retrieved from <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/2485/1/2009001080.pdf>

[17] Sipilä, K., Ranne, A., & Koljonen, T. (2000). *Modular district heating system Modis*. (L. Ukskoski, Ed.), Espoo 2000. Finland: Technical Research Centre of Finland.