

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CARVÃO MINERAL DE MOATIZE-MOÇAMBIQUE, VISANDO O SEU BENEFICIAMENTO

David S. JOSÉ¹, Carlos H. SAMPAIO², Eunirio Zanetti FERNANDES³

¹Laboratório de Processamento Mineral- UFRGS, jdseleman@gmail.com; ²Laboratório de Processamento Mineral- UFRGS, sampaio@gmail.com; ³Pesquisador associado- Instituto Tecnológico Vale; eunirio.zanetti@itv.org

RESUMO

O presente artigo, tem como objetivo fundamental a Caracterização Tecnológica de Carvão Mineral de Moatize, Moçambique, visando o seu beneficiamento. As amostras que serão objeto de estudo compreendem as camadas ROM: LC 45/6 (LowerChipanga), provenientes da Mina concessionária da empresa brasileira de mineração Vale S.A., sediada no distrito de Moatize, província de Tete, região central de Moçambique; Com estudo proposto, espera-se que os resultados a obter possam permitir conhecer as principais características através de ensaios laboratoriais específicos, como as análises químicas, físicas, químicas, mineralógicas, petrográficas que podem definir com exatidão o tipo de carvão (Coque ou Metalúrgico), podendo se determinar por outro lado a avaliação econômica da jazida. Os procedimentos das análises seguiram normas e critérios exigidos pelas técnicas vigentes e os resultados foram interpretados e discutidos com base na bibliografia existente de estudos feitos e foram realizadas na sua maioria no (LAPROM-UFRGS), podendo garantir a confiabilidade para uma avaliação condizente.

Palavras-chave: Caracterização tecnológica; Carvão Mineral; Beneficiamento.

ABSTRACT

The present article, has as main objective the Technological Characterization of Coal Mineral of Moatize, Mozambique, aiming its beneficiation. The samples that will be the object of study include the layers ROM: LC 45/6 (Lower Chipanga), coming from the concessionaire Mine of the Vale S.A., located in Moatize district, Tete province, central region of Mozambique; With a proposed study, it is expected that the results to be obtained will allow to know the main characteristics through specific laboratory tests, such as chemical, physical, chemical, mineralogical and petrographic analyzes that can accurately define the type of coal (Coke or Metallurgical) , And the economic evaluation of the deposit may be determined. The analysis procedures followed the norms and criteria required by the current techniques and the results were interpreted and neglected based on the existing bibliography of studies made and were performed mostly in the LAPROM-UFRGS, and can guarantee the reliability for a proper evaluation.

Key-Words: Technological characterization; Mineral coal; Processing.

1 INTRODUÇÃO

Mesmo com a decadência dos preços da maioria das matérias primas minerais como o carvão mineral, o petróleo e gás, na atualidade, a mineração de carvão é uma atividade de grande importância para a economia nacional moçambicana, não só, mas também para muitos países do mundo em vias de desenvolvimento. A escassez de energia elétrica aliada à menor disponibilidade de recursos hídricos faz com que a geração de energia térmica e o fabrico de coque passe a ser um dos focos principais das

possibilidades de expansão do sistema elétrico internacional. Nos últimos anos a província de Tete, em particular o distrito de Moatize, virou um ponto de pesquisas geológicas de jazidas de carvão mineral ali existente.

Vasconcelos (2012) refere que atualmente os maiores depósitos deste recurso mineral não renovável em Moçambique, encontram-se situados no centro do país, concretamente na província de Tete, no distrito de Moatize. Assim, objeto de estudo para este Projeto de Tese focar-se a bacia carbonífera de Moatize, onde a mineradora

brasileira Vale Moçambique S.A. é detentora de um dos maiores depósitos não minerado deste recurso natural naquela região.

A caracterização tecnológica de carvão mineral, consiste numa série de processos que visam o conhecimento íntegro das características deste material na sua avaliação e redução da matéria inorgânica, tais como rocha (estéril) e impurezas, existente nele a fim de definir parâmetros essenciais e de avaliação da sua qualidade. Por outro lado, a visão para o beneficiamento de carvão, ou carvão lavado, se refere ao tratamento dado ao carvão ROM, logo após sua extração, a fim de assegurar a qualidade do mesmo e aumentar sua potencialidade para o uso.

O tratamento deste recurso depende das suas propriedades e do uso pretendido, podendo exigir uma simples lavagem/moagem ou necessitar de processos mais complexos de tratamento. Entre os recursos energéticos não renováveis, o carvão mineral ocupa a primeira colocação tanto em abundância, quanto em perspectiva de vida útil; considerado, portanto, a mais importante reserva energética mundial a longo prazo. Sua demanda atual está aumentando consideravelmente, com o objetivo de produção de coque para a fundição de ferro nas empresas siderúrgicas como no Brasil, assim como para abastecer usinas termelétricas em Ásia Oriental, as Américas, a Europa e a Índia.

A Empresa Vale S.A. vem minerando em Moatize usando o método a céu aberto desde 2011, objetivando a produção de carvão coque e termelétrico. A produção, hoje com a segunda planta em funcionamento é estimada na faixa de 22 milhões de toneladas de carvão por ano, podendo abastecer países como a Índia, China, assim como o próprio Brasil.

Pela importância do carvão mineral na atualidade, aumenta a necessidade de investimentos em otimização das tecnologias com o propósito de se conhecer ainda mais em detalhe o comportamento deste recurso mineral não renovável para a sua utilização, seja para queima ou para uso em altos fornos. Nesse contexto se justifica a necessidade deste estudo através da realização de ensaios e análises laboratoriais específicos para cada camada (LC-45/6), com o intuito de obterem-se as características mineralógicas, químicas e físicas

que ajudarão a determinar o seu aproveitamento econômico.

O objetivo de estudo propõe-se a Caracterização Tecnológica do Carvão da Mina de Moatize, Tete- Moçambique, visando para o seu beneficiamento. A área de estudo fica localizada no Município do mesmo nome, acerca de 20 km a Nordeste da capital provincial de Tete. As reservas de carvão passíveis de serem mineradas à céu aberto, em profundidades não superiores a 100 metros, são da ordem de 2,4G/t.

A caracterização tecnológica do carvão, seus resultados permitem conhecer as principais características através de ensaios laboratoriais específicos, como as análises químicas, físicas, químicas, mineralógicas, petrográficas que podem definir com exatidão o tipo de carvão (Coque ou Metalúrgico), podem determinar por outro lado a avaliação econômica da jazida. As análises seguiram procedimentos, normas e critérios exigidos pelas técnicas vigentes e os resultados foram interpretados e discutidos com base na bibliografia existente sobre o assunto em estudo. Os procedimentos que foram adotados e com as análises realizadas no (LAPROM), garantiram a confiabilidade dos resultados obtidos e permitiram uma boa avaliação final.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra foi coletada em dezembro de 2014 da séria produtiva (**Camada Chipanga**), como se podem ver na figura 1.

Para sua preparação foram realizados homogeneização, quarteamento e secagem. Para o quarteamento da amostra foi usado o quarteador Jones Modelo 1260, o quarteador manual-tradicional e a menor foi usado o quarteador de bancada de acordo com as necessidades e objetivos. Para a secagem, foram usadas as estufas, disponíveis no LAPROM a uma temperatura até 62 °C durante 24 horas. Para análise de umidade foi usada a mufla DELEO; enquanto que para análise de cinzas e materiais voláteis foi usado o forno Jung Modelo 2312, fabricação brasileira. Para o peneiramento foram usadas as peneiras com abertura em mm (-50+1mm) para afundar e para análise de umidade, cinzas, materiais voláteis e enxofre total. Para a moagem das amostras, foi usado o VIBRO MILL-1 da Série 2523/09, moinho vibratório

de disco em 0,5 segundos, seguidamente peneirada amostra abaixo de 60 Mesh para as análises químicas e imediatas. Para análise de enxofre total, foi usado LECO S-144 DR disponível no LTM;

Para o ensaio densimétrico a amostra de carvão mineral foi padronizada entre 10 a 12 kg na granulometria (-50,8+1 mm). Para o reajuste das densidades de corte para os ensaios densimétricos foram usados líquidos densos como (Benzeno-Xilol (C₆H₆), Percloetileno (CCl₂ CCl₂) e Bromofórmio (CHBr₃) com densidades relativas de 0,88, 1,62 e 2,89 g/cm³, respectivamente;

Para a secagem dos flutuados e afundados, foram usadas as capelas disponíveis no Laprom como a Quimis®. Para a pesagem das amostras para análises de umidade, teor de cinzas, enxofre e teor de matérias voláteis serão usadas as balanças analíticas SHIMADZU, modelo AY220 cap. máx 220g, mín 0,01g, d=0,1mg e SHIMADZU, modelo AUY 220, com cap.máx 220g, cap. mín 10mg e d=0,1mg assim como balança FILIZOLA FD-1500, com cap. máx de 75kg, cap. mín de 1250g disponíveis no LAPROM. Foram usados cadinhos correspondentes para cada tipo de análise: umidade, teor de cinzas, materiais voláteis e de enxofre total.

Foi feito um levantamento detalhado da revisão bibliográfica, envolvendo tópicos como (Características geológicas do carvão da Província de Tete, e de Moçambique em geral e de Moatize em particular (Livros, Teses e Dissertações realizadas na área de estudo (Mapas, Perfis Esboços, Gráficos etc.).

Foram caracterizadas as amostras da camada anteriormente relacionada de carvão ROM proveniente da bacia carbonífera de Moatize-Tete (área concessionária da Vale). Esta etapa objetivou a caracterização do carvão ROM da camada anteriormente referida, quanto às análises de umidade, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, enxofre total. Estes parâmetros foram fundamentais para a interpretação posterior das curvas de lavabilidade que foram projetadas; e na determinação do percentual em massa do carbono bem como enxofre, nitrogênio, hidrogênio e oxigênio (usualmente estimado por diferença).

Foi feita análises petrográficas no Laboratório de Petrologia Orgânica, no Instituto de Geociências da UFRGS. O carvão bruto ROM que foi usado neste procedimento está na faixa granulométrica de

(-50,8+1 mm), entre 10 e 12 kg de material que foi submetido à imersão em líquidos densos em diferentes cortes de densidades (1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0 e 2,2 g/cm³) respectivamente. Nas frações flutuadas e/ou afundadas foram analisados conteúdos em umidade, teor de cinzas, teor de materiais voláteis, e enxofre total. Deste ensaio resultou a curva de lavabilidade, a partir da qual se poderá prever rendimento (recuperação) para os carvões do tipo energético e/ou metalúrgico.

Foi feita a caracterização detalhada da fração (-50,8+1 mm) e (-1+0,25 mm) da camada LC 45/6 de carvão ROM proveniente da bacia de Moatize. Esta caracterização foi constituída por análises/ensaio físico-químicos (percentual de umidade, percentual de cinzas, percentual de materiais voláteis, e o percentual de enxofre total.

Foram feitas análise de macerais e minerais para conhecer os principais constituintes a nível microscópico do carvão para determinar o grau de evolução dos carvões, sua classificação no "rank" e os percentuais em volume de vitrinita, liptinita, inertita, semifusinita, matéria mineral (argila, pirita, quartzo e carbonato) e total de inertes. Estas análises foram feitas no Instituto de Geociências da UFRGS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de liberação de Henry-Reinhardt, para a camada LC 45/6 em estudo nas duas faixas granulométricas (-50,8+1 e -1+0,25mm), é possível obterem-se teores de cinzas e altas recuperações mássicas, podendo se recuperar concentrados com cerca de 20% de teor de cinzas e massas acima de 50%, como se ilustra na Tabela 1. A figura 1 apresenta os pontos de tomada das amostras LC 45/6. A amostra apresenta um baixo "*near gravity material*", nas densidades entre 1,5 e 1,8 g/cm³

O conteúdo em grupos de macerais individuais e minerais foi determinado pela análise de macerais por uso do sistema de classificação estabelecido pelo ICCP (1963, 1998, 2000). Dentro do conteúdo mineral foram discriminados a argila, carbonato, quartzo e pirita. A análise foi baseada em 500 pontos (ISO 7403-3/1984). Os resultados são expressos em volume por cento. O grau de evolução (rank) do carvão foi determinado pelo índice de refletância da vitrinita (100 medidas para carvões) de acordo com o padrão ISO 7405/5-1984. A média,

o desvio padrão e outros parâmetros estatísticos Tabela 3.
foram calculados e podem ser encontrados na

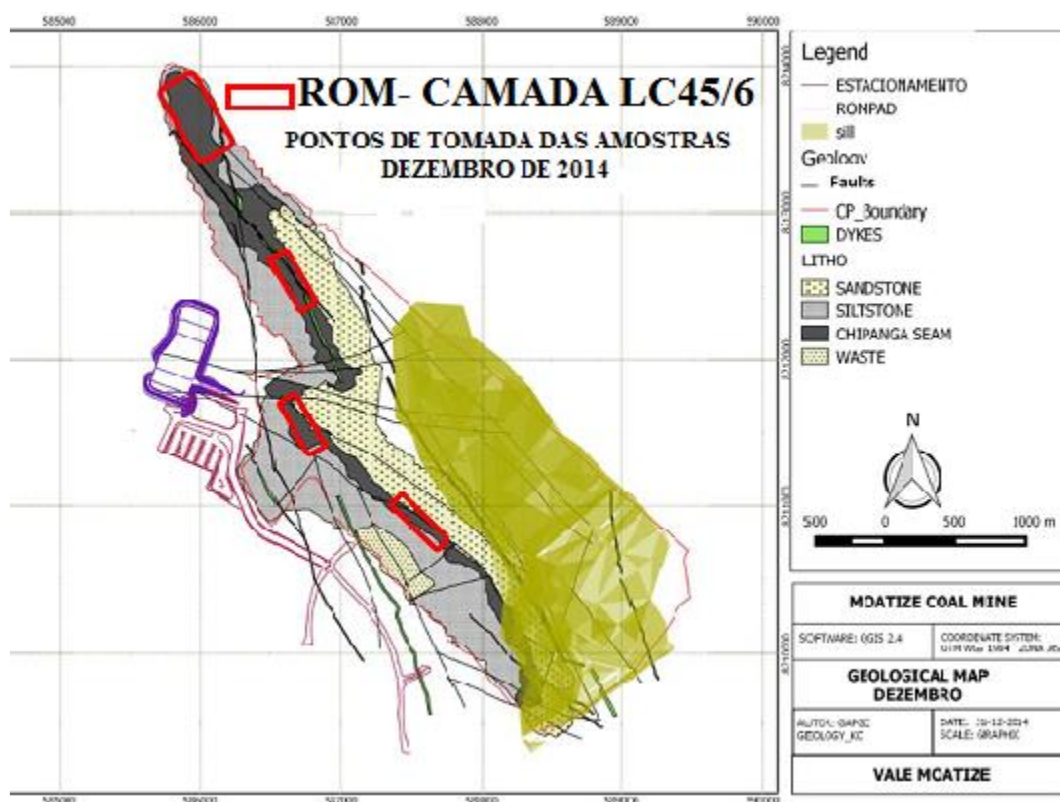


Figura 1. Pontos de tomada das amostras LC 45/6. Fonte: Empresa Vale Moçambique S.A. (2014)

Tabela 1: Resultados de ensaios de afunda/ flutua (LC 45/6), faixa granulométrica (-50,8+1mm)

Faixa	Densidade	Massa (g)	Massa (%)	Teor Cinzas (%)	Somatório	Teor cinzas	Somatório	Teor cinzas	Curva Elementar	
Densimétrica					Massa 1 (%)	NGM	Massa Acum.	Massa 2 (%)	Massa Acum.	
-1,4	1,4	2944,10	23,55	7,89	23,55		7,89	100	43,62	7,89 23,55
+1,4-1,5	1,5	2006,10	16,05	20,85	39,60	24,90	13,14	76,45	54,62	20,85 31,57
+1,5-1,6	1,6	1107,30	8,86	29,98	48,45	12,94	16,22	60,41	63,60	29,98 44,02
+1,6-1,7	1,7	511,00	4,09	38,40	52,54	7,81	17,95	51,55	69,37	38,40 50,50
+1,7-1,8	1,8	465,40	3,72	46,96	56,26	7,85	19,86	47,46	72,04	46,96 54,40
+1,8-1,9	1,9	516,50	4,13	52,98	60,39	8,43	22,13	43,74	74,17	52,98 58,33
+1,9-2,0	2,0	537,70	4,30	59,60	64,70	10,48	24,62	39,61	76,38	59,60 62,54
2,0-2,2	2,2	772,00	6,17	65,69	70,87		28,20	35,31	78,43	65,69 67,78
+2,2		3642,00	29,13	81,13	100		43,62	29,13	81,13	81,13 85,44
TOTAL		12502,10	100	43,62						

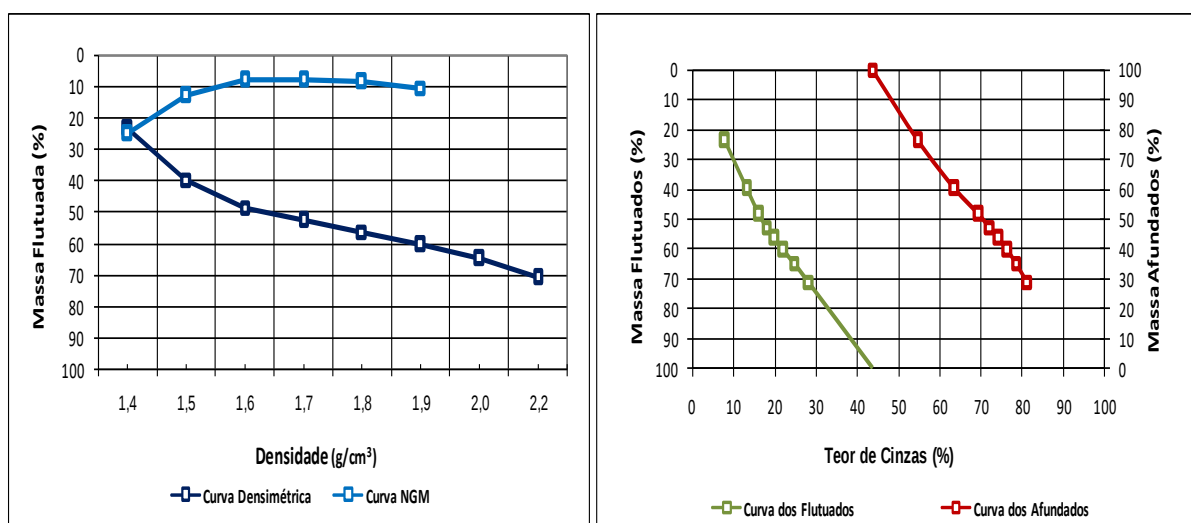


Figura 2: Curvas de Lavabilidade e de NGM de LC 45/6, faixa granulométrica (-50,8+1 mm)

Tabela 2: Resultados de ensaios de afunda/ flutua (LC 45/6), faixa granulométrica (-1+0,25mm)

Faixa	Densidade	Massa (g)	Somatório	Teor Cinzas (%)	Somatório		Teor cinzas	Somatório	Teor cinzas	Curva Elementar
Densimétrica			Massa (%)		Massa 1 (%)	NGM	Massa Acum.	Massa 2 (%)	Massa Acum.	
-1,4	1,4	265,80	21,68	9,60	21,68		9,60	100	51,46	9,60 21,68
+1,4-1,5	1,5	112,10	9,14	21,23	30,82	15,64	13,05	78,32	63,05	21,23 26,25
+1,5-1,6	1,6	79,70	6,50	30,64	37,32	11,34	16,11	69,18	68,57	30,64 34,07
+1,6-1,7	1,7	59,40	4,84	40,00	42,17	8,29	18,86	62,68	72,51	40,00 39,75
+1,7-1,8	1,8	42,30	3,45	47,27	45,62	5,54	21,01	57,83	75,23	47,27 43,89
+1,8-1,9	1,9	25,60	2,09	55,35	47,71	3,52	22,51	54,38	77,00	55,35 46,66
+1,9-2,0	2,0	17,50	1,43	63,42	49,13	7,63	23,70	52,30	77,87	63,42 48,42
2,0-2,2	2,2	76,10	6,21	68,88	55,34		28,77	50,87	78,27	68,88 52,24
+2,2		547,60	44,66	79,58	100,00		51,46	44,66	79,58	79,58 77,67
TOTAL		1226,10	100	51,46						

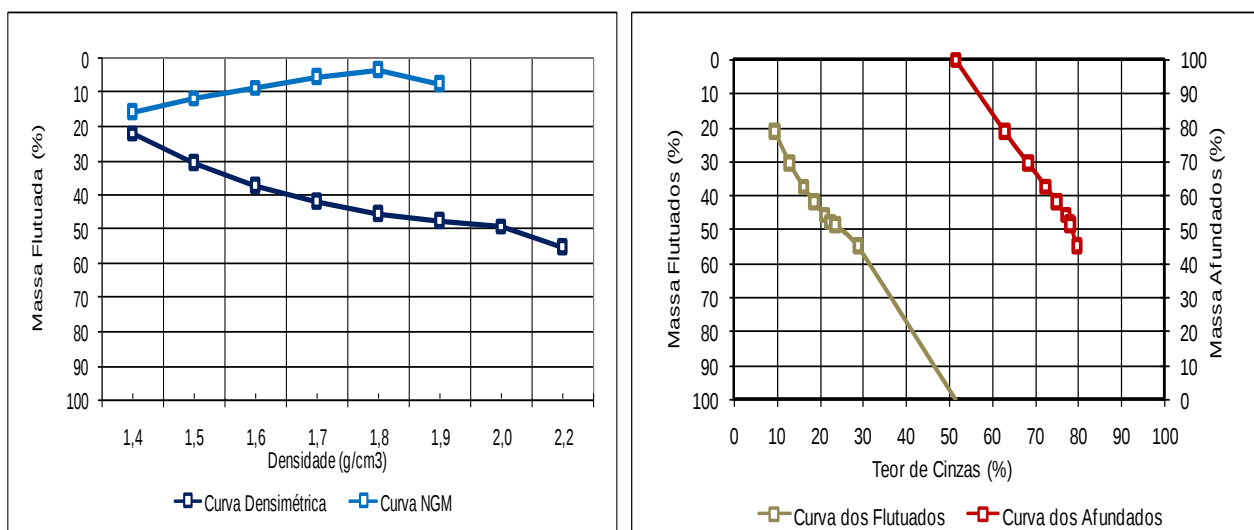
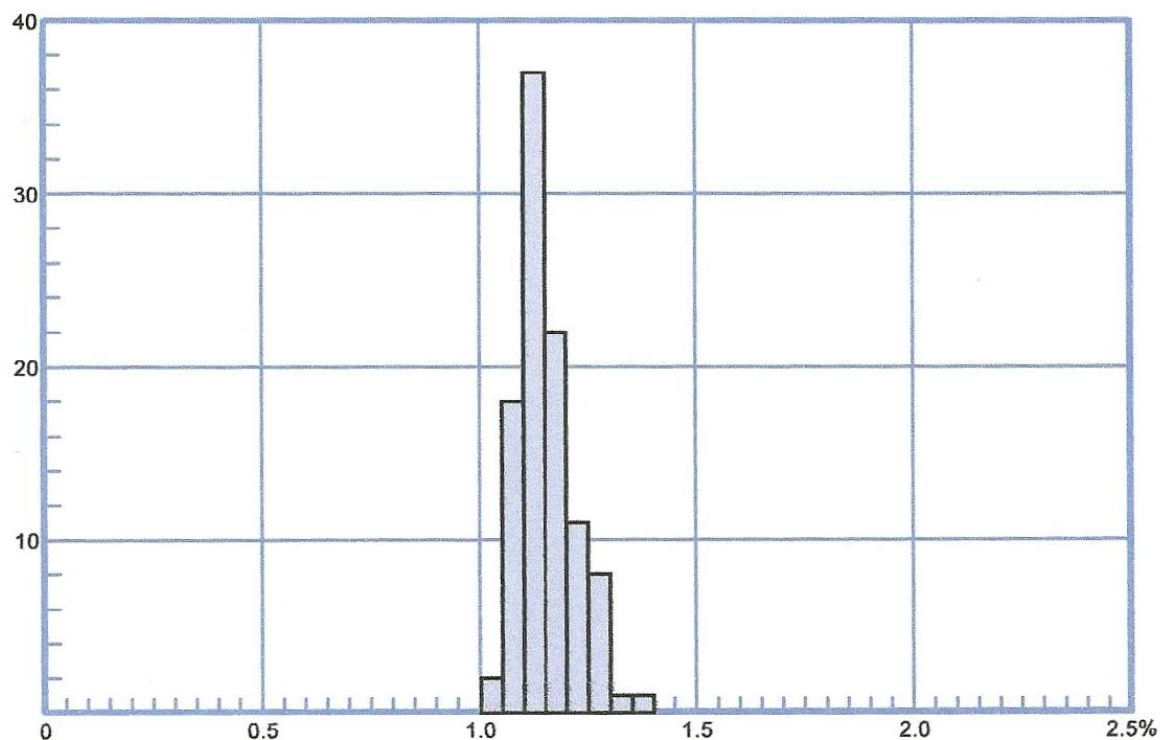


Figura 3: Curvas de Lavabilidade e de NGM lc 45/6, faixa granulométrica (-1+0,25mm)

Tabela 3: Resultados das análises petrográficas das amostras de carvão. Min: valor mínimo da refletância da vitrinita;
Max: valor máximo da refletância da vitrinita; VM: valor médio; S: desvio padrão; N: número de medidas.

Colodetrinita	10,4
Vitrodetrinita	2
Vitrinita Total:	50,8
Cutinita	0
Esporinita	0
Resinita	0
Liptodetrinita	0
Liptinita Total:	0
Fusinita	4,2
Semifusinita	6,4
Inertodetrinita	3,6
Macrinita	0,6
Micrinita	0
Inertinita Total:	14,8
Argila	28
Carbonato	0,6
Quartzo	5,2
Pirita	0,6
Matéria Mineral Total:	34,4
Total	100



Measure count = 100

Reflectance Rr = 1.152 %

s = 0.063 %

Date 7/21/2016 10:44

Operator DAVID SELEMANE JOSÉ

Printed 7/21/2016

1.00 - 1.05 % R 2

1.05 - 1.10 % R 18

1.10 - 1.15 % R 37

1.15 - 1.20 % R 22

1.20 - 1.25 % R 11

1.25 - 1.30 % R 8

1.30 - 1.35 % R 1

1.35 - 1.40 % R 1

F=3.0.3578 D=4.80.6758

Figura 4. Histograma das classes da vitrinita e valores em porcentagem para as classes da amostra 16_060Rr.

4 CONCLUSÃO

Nas duas faixas granulométricas (-50,8+1 e -1+0,25mm), é possível obterem-se teores de cinzas e altas recuperações mássicas, podendo se recuperar concentrados com cerca de 20% de teor de cinzas e massas acima de 50%;

Amostra identificada no laboratório por (16-060), a matéria orgânica é dominada por macerais do grupo da vitrinite, com 50,8%, com predominância da colotelinita (Tabela 3). Macerais do grupo da liptinita não foram encontrados. Macerais do grupo inertinita perfazem 14,8%, sendo comum a semifusinita, fusinita e inertodetrinita. A matéria mineral compõe 34,4%, com predominância de argila.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSTIN, M., Cameron, A., Grieve, D. and Kalkreuth, W. 1989. Coal Petrology - Its Principles, Method and Applications. Goll. Association of Canada, Short Course Notes, Vol. 3, 3rd Edition, 1989, 230pp.

ICCP. 1963 International Committee for Coal Petrology, 2nd Edition, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.

ISO 7404/3-1984. International Standard. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite - Part 3: Method of determining maceral group composition.

ISO 7404/5-1984. International Standard. Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and

anthracite - Part 5: Method of determining microscopically the reflectance of vitrinite.

ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology). 1998. The new vitrinite classification (ICCP System 1994, FUEL 77, 349 - 358).

ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology). 2000. The new inertinite classification (FUEL 80, 459 – 471).

MAE. Perfil do Distrito de Moatize; 2005; Província de Tete. Ministério da Administração Estatal. Série Perfis Distritais. Maputo, Moçambique, 2005.

SAMPAIO, C. H.; TAVARES, Luis Marcelo Marques. Beneficiamento gravimétrico: uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, RS-Brasil, 2005.

SAMPAIO, C. H. Beneficiamento. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2da edição. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. p.29-42, 2002.

VALE MOÇAMBIQUE; 2015; Projeto de caracterização de carvão de Moatize, Tete Moçambique, 2015.

VASCONCELOS L.; 2005; Geologia do carvão: Caracterização geológica da bacia de Moatize-Moçambique, 2005.

VASCONCELOS, L.S; 2012. International Journal of Coal Geology. Maceral types in some Permian southern African coals. p 99-107, 2012.