



Relatório Final

Desenvolvimento de variedades de mandioca com alto teor de proteínas, ricas em vitamina A e com menores índices de cianetos adaptadas a região norte de Moçambique

Número do Projecto: 228

Novembro de 2015 a Julho de 2018

Investigadores Principais:
Constantino Estevão Cuambe
Matoso Francisco Avijala

Instituições Participantes Coordenadoras
Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

Nampula, 30 Outubro 2018

Conteúdo

Título do Projecto:	Erro! Marcador não definido.
Sumário Executivo	3
1. Introdução	4
2.1 Objectivos:	6
2.1.1 Geral	6
2.1.2 Específicos	6
3. Metodologia	7
4. Resultados	9
4.1. Selecção dos materiais em ensaios multilocais.....	9
(a) Estimativa de produtividade de raiz.....	9
(b) Variação de teor de material seca nas raízes	10
(c) Dias de campo	10
(a) Treinamento para técnico	11
4.2. Variação de β -caroteno nas variedades avaliados em ensaios multilocais	11
4.3. Incremento material de plantio dos clones de mandioca.....	13
5. Achados da investigação e impacto do projecto.....	13
6. Orçamento do projecto	14
7. Relatório Financeiro Final	15

Sumário Executivo

A mandioca é uma das culturas mais tolerantes à seca e pode ser cultivada com sucesso em solos ácidos, com baixa fertilidade, dando rendimentos razoáveis onde muitas outras culturas não crescem bem. Na região norte, a mandioca serve como alimento básico e de segurança alimentar para mais de 50% da população. Contudo, apesar de a mandioca ser importante para comunidades vulneráveis, a maioria das variedades actualmente consumidas apresentam baixos teores de proteínas, minerais e vitaminas. As nossas variedades melhoradas à semelhança das variedades comum apresentam baixo teor de proteína na raiz que varia de 1 a 2%, com base no peso seco. Os indicadores de pobreza e desnutrição crónica são elevados em todo o país em particular na região norte onde mais de 54% da população está em constante risco de insegurança alimentar e sofrem de desnutrição crónica porque não têm condições financeiras para adquirir proteínas de origem animal. Este problema torna-se grave nas regiões onde a mandioca constitui o principal alimento. Em 2005 a taxa de carência em vitamina A nas crianças com idade escolar era estimada em 71%. O Instituto de Investigação Agrária de Moçambique em colaboração com o Centro Internacional de Agricultura Tropical importou clones com cerca de 12% de proteína bruta. Estes materiais foram cruzados com as nossas variedades de forma a incrementar o teor de proteína estando neste momento na fase de avaliação uniforme de rendimento no Posto Agronómico de Nampula. O objectivo do projecto é contribuir para a redução da desnutrição, melhorar a renda e garantir a segurança alimentar para as famílias rurais, através de prosseguimento de avaliação e selecção dos materiais em ensaios de multilocais nos distritos com graves problemas de desnutrição nomeadamente Liupo, Mogovolas, Malema e Nampula. Foram conduzidos três ensaios multilocais em igual número de ambientes/distritos e seleccionados oito clones que apresentaram bom desempenho quanto a produtividade de raiz, elevado teor de betacaroteno, baixos índices de cianetos e resistência a doença do listrado castanho de mandioca. Três dias de campo sendo um cada distrito alvo foram organizados e total de 109 pessoas participaram nos dias de campo. No âmbito do projecto um técnico beneficiou de treinamento em procedimentos de quantificação de β -caroteno usando dispositivo icheck.

1. Introdução

A mandioca é a cultura alimentar mais importante entre as culturas de raízes e tubérculos nos países da África Subsariana (FAOSTAT, 2008). Além disso, é uma das culturas mais tolerante a seca e que pode ser cultivada com sucesso em solos de baixa fertilidade, dando rendimentos razoáveis onde muitas outras culturas não sobreviveriam. Em Moçambique, a mandioca, é a cultura mais importante depois de milho e representa cerca de 6% do Produto Interno Bruto do país (MIC, 2008). Mais de 50% da população na região norte utiliza a mandioca como alimento básico e de segurança alimentar (Zacarias et al, 2010; INE, 2011, TIA, 2012).

Apesar de a mandioca ser importante para comunidades vulneráveis, a maioria das variedades consumidas são pobres em relação a certos nutrientes, possuindo baixos teores de proteínas, minerais e vitaminas (Montagnac et al, 2009). Os indicadores de pobreza e desnutrição crónica são elevados em todo o país em particular na região norte onde mais de 54% da população sofrem de desnutrição crónica e esta em constante risco de insegurança alimentar porque não têm condições financeiras para adquirir alimentos derivados de animais. Este problema torna-se marcadamente sério nas regiões onde a mandioca constitui o principal alimento.

Contudo, a mandioca apresenta potencial genético para ser fonte de carotenóides provitamínicos para a alimentação humana, em especial de β -caroteno, precursor da vitamina A, presente em genótipos com raízes de coloração amarela (Mezette, 2007; Montagnac et al, 2009). Assim, com trabalhos de hibridação e selecção é possível obter variedades com raízes de coloração amarela ricas em vitamina A.

Outro aspecto que deve ser considerado quando se trata do consumo da mandioca é o seu potencial cianogénico. A maior parte das variedades actualmente em uso apresenta níveis de compostos cianogénicos maior 100 ppm de HCN com base no peso fresco. Segundo a OMS estes níveis são muito elevados e tóxicos para consumo humano sem adequado processamento. Os limites de segurança para cianetos em alimentos mandioca

são de 10 ppm (FAO/WHO, 1989). No entanto, níveis inferiores a 100 ppm são considerados segurança para consumo humano (FAO/FIDA, 2004).

Existe actualmente uma grande preocupação por parte do governo, melhoradores de plantas e nutricionistas, em relação aos aspectos nutricionais dos alimentos, em particular a cultura de mandioca por ser alimento principal das famílias rurais moçambicanas, em especial na região norte do país que apresenta elevados índices de desnutrição crónica. Assim, considerando-se os graves problemas nutricionais da população na região norte, a disponibilização destas variedades de mandioca ricas em vitamina A, alto teor de proteínas e com menor concentração de substâncias antinutricionais, em especial o ácido cianídrico é de grande vantagem tanto pelo baixo custo de produção da cultura, quanto pelo suprimento das necessidades nutricionais da população.

2. Identificação do problema

Em Moçambique, a mandioca é a cultura mais importante depois de milho e mais de 50% da população na região norte, produz a mandioca como o principal alimento e de segurança alimentar. Contudo, apesar da sua importância como um alimento básico amplamente consumida para comunidades vulneráveis, as variedades de mandioca actualmente em uso apresentam baixos teores de proteínas, vitaminas e altos índices de cianetos.

Os indicadores de pobreza e desnutrição crónica são elevados em particular na região norte onde mais de 54% da população está em constante risco de insegurança alimentar e sofrem de desnutrição crónica porque não têm condições financeiras para adquirir alimentos derivados de animais ou outros alimentos fonte de proteínas e vitaminas. Em 2005 a taxa de deficiência de vitamina A em crianças com idade escolar era estimada em 71%. Considerando os graves problemas nutricionais da população no norte do país, melhorar o valor nutricional da mandioca é de grande vantagem pois além de suprir as necessidades nutricionais para a população, a mandioca é alimento base para a maior parte da população na região norte e é relativamente barato de produzir, bem como suas raízes pode ser deixadas armazenada no solo e colhida quando necessário.

Reconhecendo que as medidas preventivas são mais eficazes que as curativas a promoção de produção de variedades ricas em vitaminas se reveste de grande importância. Por outro lado fica evidente a maneira mais simples e económica de prevenir e reduzir a desnutrição é a substituição das variedades actualmente utilizadas por variedades de mandioca de alto valor nutricional, alcançando as populações com limitadas condições financeiras para adquirir proteínas de origem animal.

Com o projecto pretendia-se contribuir para a melhoria de desnutrição, garantir segurança alimentar e a renda das famílias rurais na região norte de Moçambique, através de selecção de variedades de mandioca que combinam elevado valor nutricional, maior rendimento e resistência ao CBSD.

2.1 Objectivos:

2.1.1 Geral

- Contribuir para a redução da desnutrição, melhorar a segurança alimentar e nutricional das famílias rurais na região norte de Moçambique, através de selecção e disponibilização de variedades de mandioca ricas em vitamina A, maior rendimento e resistência ao CBSD.

2.1.2 Específicos

- a) Seleccionar e disponibilizar variedades melhoradas de mandioca ricas em carotenoides, em especial de β -caroteno, precursor da vitamina A, resistentes ao CBSD e menor conteúdo de ácido cianídrico.
- b) Quantificar o teor de carotenóides totais e pro-vitamínicos A e estabilidade de proteínas dos clones promissores seleccionados.
- c) Aumentar a disponibilidade de material de plantio das variedades melhoradas de mandioca produtivas e com elevada qualidade nutricional.

3. Metodologia

O IIAM desde 2010 vem trabalhando para o desenvolvimento de variedades melhoradas de mandioca que combinem maior rendimento de raiz, ricas em vitamina A e menor conteúdo de ácido cianídrico e com resistência ao CBSD. Este trabalho resultou na selecção de dez clones promissores que ainda se encontravam na fase de avaliação Uniforme de Rendimento no Posto Agronómico de Nampula e na Estação Experimental de Liupo. Em se tratar trabalhos de investigação e havendo necessidade de avaliar em mais ambientes em ensaios on-station e on-farm usando abordagem participativa dos produtores foi concebido este projecto financiado com fundos do FNI para dar seguimento a essas actividades.

Com a implementação do projecto com a duração de dois anos e meio foram conduzidos durante os dois anos ensaios multilocais em três ambientes, nomeadamente nos distritos de Nampula-Muriazé, Liupo e Mogovolas. Os critérios de avaliação e selecção foram: teor de β -caroteno, produtividade de raiz, resistência a doenças e pragas em especial a doença do listrado castanho de mandioca (CBSD), índices de cianetos e matéria seca.

A produtividade de raízes tuberosas nos ensaios foi obtida pela pesagem das raízes tuberosas de todas as plantas úteis das parcelas experimentais; para a determinação do teor de matéria seca nas raízes, separaram-se três raízes em cada parcela, que foram cortadas em pequenos cubos. Desse montante, foram retiradas amostras homogêneas de cerca de 200 g de raízes fresca, submetidas à temperatura de 40°C em estufa de ventilação forçada por 48 a 72 horas, até peso constante, método descrito por CARVALHO et al. (1990). A partir da razão entre o peso da massa seca e fresca de raízes, foi obtido o teor de matéria seca.

A severidade de CBSD na raiz foi determinada por meio de uma escala de números (1 a 5), desenvolvido por INIA-PNRT (2004). Onde, 1 = raízes livre de sintomas e 5 = raízes com sintomas severidade muito alta.

O conteúdo de β -caroteno foi quantificado em cada acesso usando um dispositivo portátil. O dispositivo portátil consiste em duas unidades: a unidade de medição (iCheck™ Carotene) (Figura 1 – Foto a esquerda) e o frasco de reagente descartável (iEx™), no qual a reacção é realizada. Os frascos de reagentes descartáveis contêm 2 ml de uma mistura de reagentes que são necessários para a conclusão da reacção; não são necessários reagentes adicionais. Tanto a unidade de medida quanto os frascos de reagente estão comercialmente disponíveis (www.bioanalyt.com). O iCheck Carotene pesa 250 gramas suas dimensões (200 mm × 104 mm × 40 mm) facilitam o transporte. O iCheck Carotene usa baterias recarregáveis que podem ser usadas para 400 medições exibidas e salvas automaticamente, e os dados podem ser baixados através de um cabo USB para um computador como um arquivo de texto (.txt).



Figura 1. Ambiente dentro do laboratório (foto a esquerda), preparação de amostra para quantificação de β -caroteno (foto do meio), unidade de medição icheck (foto a direita)

Para quantificação de β -caroteno amostras de mandioca foram preparadas usando o método de amostragem HarvestPlus. Cada amostra/clone cinco gramas de cubos de 1 cm³ de polpa de mandioca foram moídos em almofariz e pilão com até 20 ml de água destilada. Uma amostra (400 μ L) desta solução (água destilada e polpa de mandioca moída) foi retirada usando uma seringa, incluída como parte do kit de teste de dispositivo portátil, e injectada lentamente através do septo de borracha vermelha no frasco de reagente (iEx™). Imediatamente após a injeção, o frasco iEx™ foi agitado por 10 segundos. O solvente foi deixado durante pelo menos 5 min para separar. Após a separação, o iEx foi colocado na unidade de medição do caroteno. O aparelho definido no padrão imediatamente exibiu a leitura em mL/L.

4. Resultados

4.1. Selecção dos materiais em ensaios multilocais

(a) Estimativa de produtividade de raiz

Durante o período de implementação do projecto três ensaios multilocais foram conduzidos em igual número de ambientes/distritos: Nampula-Muriazze, Liupo e Mogovolas. O critério de selecção dos distritos baseou-se nos índices de desnutrição. Os clones foram avaliados e seleccionados tendo em conta os seguintes critérios: teor de vitamina A, produtividade de raízes, índice de colheita, teor de matéria seca, resistência as doenças de CBSD e CMD, conteúdo de ácido cianídrico na raiz e sabor.

Quanto a produtividade de raízes os genótipos apresentaram desempenho de rendimento diferente para e entre os ambientes avaliados (Tabela 1). A produtividade de raízes entre os acessos avaliados variou entre 23,0 e 45,0 ton/ha e os genótipos MzMg10/992, MzMg10/2225 e MzMg10/107 apresentaram as maiores produtividades (45,7, 38,4 e 37,4 ton/ha, respectivamente) e o genótipo MgMg10/2328 foi a que a menor produtividade (23.7ton/ha). Em todos ambientes os genótipos apresentaram bom desempenho no distrito de Liupo, onde a média geral de produtividade de raiz foi de cerca de 40,9 ton/ha. No distrito de Mogovolas foi o ambiente em que os clones apresentaram fraco desempenho produtivo, variando de 9,0 a 38,5 ton/ha.

Tabela 1. Resultados relevantes de rendimento, matéria seca e níveis de cianetos

Genotipos	Ambientes (Rend. Ton/ha)			Rend. Medio (Ton/ha)	MS (%)	CNp (ppm)	CBSDraiz	Sabor
	Liupo	Nametil	Muriazze					
MzMg10/107	46.8	35.5	29.8	37.4	38.3	22.1	1.3	Doce
MzMg10/118	32.2	24.8	32.7	29.9	40.0	159.3	1.5	Amargo
MzMg10/992	53.0	38.5	45.7	45.7	36.7	111.9	1.0	Amargo
MzMg10/2161	50.1	20.0	-	35.1	40.8	15.5	2.0	Doce
MzMg10/2225	54.2	36.3	24.9	38.4	40.0	82.8	1.0	Doce
MzMg10/2281	46.0	28.7	27.8	34.2	43.3	13.4	1.0	Doce
MzMg10/2328	38.2	9.0	23.7	23.7	38.3	7.7	1.0	Doce
MzMg10/2522	29.2	31.5	33.3	31.3	40.0	207.1	1.0	Amargo
MzMg10/2742	18.1	20.1	40.0	26.1	35.0	93.5	1.0	Amargo
Media	40.9	27.1	32.2	33.5	39.2	79.3	1.2	-
Amplitude*	34.9	29.5	20.8	22.0	8.3	199.4	0.5	-
Mokhalana	33.4	16.9	-	25.2	33.2	187.5	1	Amargo

(b) Variação de teor de material seca nas raízes

O conteúdo de matéria seca entre os clones avaliados variou entre 35,0 e 43,3%. De forma geral todos genótipos apresentam boa matéria seca. Contudo os genótipos MzMg10/2281, MzMg10/2161, MzMg10/118 e MzMg10/2522 apresentaram maiores teores de matéria seca (43,3, 40,8, 40,0 e 40,0%, respectivamente). Segundo Correia et al. (2005), na raiz de mandioca o conteúdo de matéria seca varia de 30 a 40%.

(c) Dias de campo

Um total de 109 pessoas participou em três dias de campo organizados em cada distrito alvo (Nampula, Liupo e Mogovolas). No distrito de Nampula participaram um total de 32 produtores (24 sexo masculino e 8 sexo feminino) e cinco extensionistas oriundo do distrito de Nampula e Rapale. Na Tabela 2 e Figura 2 ilustra o resumo dos participantes por sexo bem como por distrito.

Tabela 2. Participantes de dias de campo organizados em Nampula, Mogovolas e Liupo; e numero de participantes por género.

Distrito	Total de participantes por distrito	Empregador	Participantes por género		Total
			M	F	
Nampula	5	SDAE	3	2	5
	32	Produtores	24	8	32
Mogovolas	3	SDAE	3	0	3
	28	Produtores	19	9	28
Liupo	2	SDAE	2	0	2
	39	Produtores	27	12	39
Total	109		78	31	



Figura 2. Dia de campo organizado nos distritos de Liupo, Mogovolas e Nampula, Maio 2016.

(d) Treinamento para técnico

Visando capacitar os técnicos em procedimentos de quantificação de β -caroteno, em Julho de 2018 um técnico do centro zonal nordeste, beneficiou de um treinamento na Nigéria sobre quantificação de β -caroteno na mandioca usando dispositivo iCheck. O treinamento foi organizado e ministrado pelos pesquisadores do IITA-Nigeria. A Figura 1 ilustra uma parte deste treinamento. Com a participação do treinamento para além dos conhecimentos adquiridos pelo técnico o IIAM-Centro Zonal Nordeste foi contemplado um dispositivo completo de iCheck. O dispositivo portátil consiste em duas unidades: a unidade de medição (iCheck™ Carotene) e o frasco de reagente descartável (iEx™), no qual a reacção é realizada.



Figura 3. Processo quantificação de β -caroteno durante o treinamento. Nigéria, 2018.

4.2. Variação de β -caroteno nas variedades avaliados em ensaios multilocais

Trinta genótipos foram avaliados em três ambientes e em dois anos consecutivos, quanto aos caracteres produtividade de raízes resistência a doenças e pragas e teor de β -caroteno. Para quantificação do β -caroteno raízes foram retiradas a partir de plantas individuais e avaliadas por meio de um dispositivo portátil desenvolvido pela BioAnalyt chamado iCheck™ Carotene. As estimativas de β -caroteno nos acessos de programa nacional variaram de 0,99 a 3,03 $\mu\text{g/g}$ sendo a maior para o genótipo MzMg10/2522 e a menor em MzMg10/2742. A produtividade de raiz nos três ambientes teve a variação de 23,70 a 45,70 ton/ha, respectivamente, genótipo MzMg10/2328 e MzMg10/2328. Quanto aos acessos colhidos no banco de germoplasma, o teor de β -caroteno nas raízes variou de 0,45 a 2,10 $\mu\text{g/g}$. O estudo permitiu um melhor entendimento do potencial de germoplasma de mandioca existente em Moçambique quanto a variabilidade de

rendimento de raiz e teor de β -caroteno. No grupo de acessos avaliados todos apresentaram baixos teores de β -caroteno. Entretanto podem ser utilizados em trabalhos de melhoramento da cultura, visando ao incremento de β -caroteno.



Figura 4. Quantificação de β -caroteno após o treinamento em Moçambique. Nampula, 2018

Os resultados mostram que o conteúdo de β -caroteno em todos os genótipos avaliados variou entre 0,99 e 3,03 $\mu\text{g/g}$ (Figura 5). Entretanto, os genótipos MzMg10/2522, UMZ05, LB2 e G41 apresentaram os maiores teores de β -caroteno (3,03; 2,10; 2,05 e 2,05 $\mu\text{g/g}$, respectivamente) e os genótipos MzMg10/2742, os menores (cerca de 0,99 $\mu\text{g/g}$). No grupo de acessos avaliados, todos apresentaram baixos níveis de β -caroteno. Corte longitudinal das raízes dos clones foi possível notar a tonalidade da coloração que varia de creme a amarelo (Figura 6). Os resultados sugerem que apesar de os genótipos não apresentarem altos teores β -caroteno poderem ser utilizados para o consumo e em trabalho de melhoramento genético da cultura para aumentar o teor de beta caroteno.

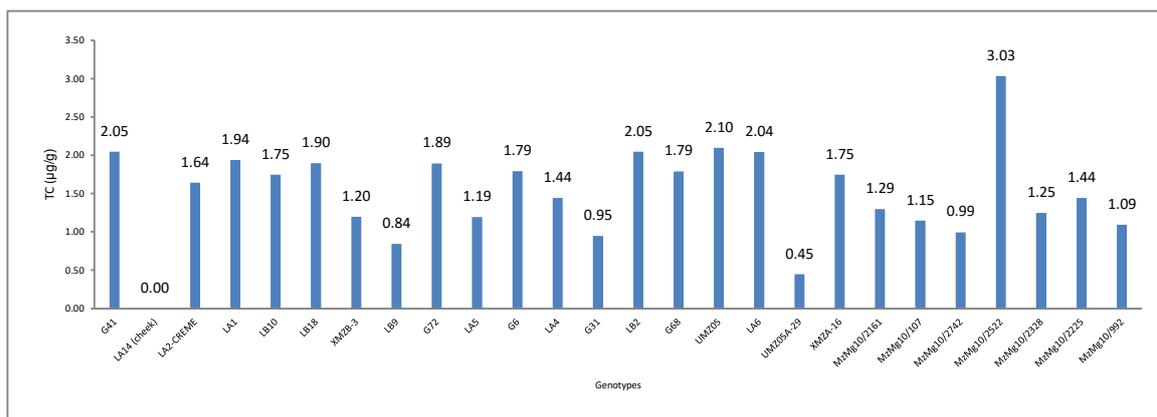


Figura 5. Variação de β -caroteno em 26 genótipos de mandioca. Nampula, 2018



Figura 6. Corte longitudinal dos clones para visualização a tonalidade da coloração

4.3. Incremento material de plantio dos clones de mandioca

No primeiro ano de implementação do projecto foi necessário adoptar a técnica de multiplicação rápida de clones em sacos plásticos na estufa na Estação Experimental de Nampula (Figura 7). Assim, foi possível no mesmo ano garantir a disponibilidade de estacas e estabelecer ensaios multilocais em três locais.



Figura 7. Multiplicação rápida na estufa (lado esquerdo) e no campo definitivo no PAN (lado direitoa). Campanha agrícola, 2015/16.

5. Achados da investigação e impacto do projecto

O conhecimento do conteúdo de β -caroteno nas variedades ora em avaliação vai permitir recomendar para o consumo ou uso como parentais em programas de melhoramento da cultura. No grupo de acessos avaliados, todos apresentaram baixos níveis de β -caroteno podendo ser disseminado ao nível das famílias que esta em constante insegurança alimentar e sofrem de desnutrição crónica. Ao mesmo tempo estes genótipos podem ser utilizados no trabalho de melhoramento genético da cultura para aumentar o teor de β -caroteno. O projecto irá criar impactos a médio e longo prazo. A médio prazo, o projecto irá contribuir para redução da desnutrição e melhorar os rendimentos das famílias camponesas nas províncias de abrangência do projecto. A longo prazo, o projecto irá criar impacto para milhões de produtores de mandioca através de redução da pobreza, insegurança alimentar e fornecer um benefício socioeconómico e nutricional duradouro

para as regiões de implementação do projecto e em outras regiões que não beneficiaram do projecto.

6. Orçamento do projecto

O custo total do projecto aprovado foi de 2.497.650,00 Meticais (dois milhões e quatrocentos e noventa e sete mil, seiscentos e cinquenta meticais e setenta e cinco Centavos). O projecto recebeu dois desembolsos de três planificados. O primeiro desembolso no valor de 1 248 825,00 Meticais (Um milhão, duzentos e quarenta e oito mil e oitocentos e vinte e cinco meticais) e o segundo no valor de 1 070 800,00 Meticais (Um milhão, setenta mil e oitocentos meticais). Tendo saldo que não foi desembolsado de 178 025,00 (Cento e setenta e oito mil e vinte cinco meticais). O dinheiro recebido nos dois desembolsos foi usado para pagamento de jornas, combustível para deslocação dos técnicos para o campo, ajudas de custo, material de campo e consumíveis do escritório.

7. Relatório Financeiro Final

No.	Descrição	Valor aprovado	Valor desembolsado	Total das despesas	% do orçamento
		2,497,650.00	2,319,625.00		
1	Viagens locais (combustível)	320,000.00		339,708.60	13.60
2	Ajudas de custos	206,000.00		459,418.46	18.39
3	Equipamento	38,500.00		50,000.00	2.00
4	Material e operações de campo	290,000.00		521,823.69	20.89
5	Material do escritório	110,000.00		128,834.00	5.16
6	Manutenção de veículo	130,000.00		99,531.65	3.99
8	Pagamento de serviços a terceiros	225,000.00		339,708.60	13.60
10	Comunicação	75,000.00		55,000.00	2.20
11	Seminário e Whorkshop	170,600.00		170,600.00	6.83
12	Impressão e publicação	30,000.00		80,000.00	3.20
13	Manuntenção de equipamento	75,000.00		75,000.00	3.00
	Sub-Total	1,665,100.00		-	-
	Contigência (5%)	832,550.00		-	-
	Total Geral	2,497,650.00		2,319,625.00	92.87

Data: 28/12/2018

Posição no projecto: Investigador

Assinatura: M. Matias

