

Dedicatória

Aos meus Pais (em memória), a minha Esposa Raquel Tchissolossi e aos meus filhos Efantina Jamba Tchissolosi de Oliveira, Euclides Abel Tchissolosi de Oliveira, Cipriano Jamba Tchissolossi de Oliveira, Domingos José Tchissolosi de Oliveira, Simeão Catchequele Tchissolosi de Oliveira, Amilton Cathequele e José Chinguelessi Viagem.

Aos meus irmãos Eugénio Camenhe, Efantina Jamba, Angelina Sole, Madalena De Oliveira, Alberto Songo e Laurindo Abel de Oliveira.

Aos meus sogros, Silvano Adriano de Oliveira e Adriana Misasa.

Aos meus tios, Jonas Januário e Emília.

Aos meus sobrinhos Silvino de Oliveira Viagem, António de Oliveira Viagem e Samuel Januário.

Aos meus cunhados.

Aos meus familiares em geral.

“Melhor é o pouco com justiça do que a abundância com injustiça”. Provérbios 16:8

Agradecimentos

A Deus todo poderoso, pelas maravilhas, pela vida e pela proteção divina.

À minha querida Orientadora, Prof.^a Doutora Elsa Maria de Carvalho Gomes, muito obrigado pelos conhecimentos partilhados que vou levar para toda minha vida, pelos conselhos e pela disponibilidade que sempre mostrou durante a elaboração desta Tese.

À Prof.^a Doutora Marina Cabral Pinto, pela colaboração, simplicidade, humildade e inteligência.

À Prof.^a Doutora Maria Manuela da Vinha Silva, pela ajuda que me prestou na colheita de amostras de solos durante a sua estada em Angola.

À Prof.^a Doutora Lídia Gil Catarino pelos ensinamentos na determinação da cor das amostras e na realização das análises químicas.

Ao Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra: Prof. Doutor Alcides Pereira, Prof. Doutor Nelson Cruz e Prof. Doutor José Manuel Azevedo pela simplicidade.

Aos Serviços Sociais da Universidade de Coimbra, pela receção, alimentação e alojamento condigno.

À Administração Municipal do Kuito, INAMET, Hospital Provincial do Bié e a todas as Direções pela colaboração durante a recolha de dados.

A Sua Excelência o Sr. General Marques Munucápuí Bassovava - Delegado Provincial da Caixa de Segurança Social das FAA/Bié, por nunca se impor nas minhas deslocações dentro e fora do país.

A Sua Excelência o Sr. Tenente General Teodoro Eduardo Capingãla - Chefe da Administração e Finanças da Caixa de Segurança Social das FAA, pelo apoio que sempre me prestou.

Ao Chefe de Recursos Humanos que sempre compreendeu as minhas ausências, por motivo de estudo, dentro e fora do país. Obrigado.

A todos meus colegas da Caixa de Segurança Social das FAA.

A todos os meus amigos, em especial Dr. Bila (em memória).

À Escola Superior Pedagógica: Dr. Efraim, Dr. Guilherme, Dr. Ismael, Dra. Damariz, Dra. Helena, Dra. Olga e para os Licenciados Estêvão Benjamim Chimbundo e Manuel Nunda, pelo apoio que sempre me prestaram.

Ao Estudante Fábio pela colaboração no Laboratório Santander, da Universidade de Coimbra.

Aos meus colegas do Curso de Mestrado em Geociências e em particular à Esperança Teresa Celestino, ao Nelson Saihembra (Delegado), ao Lucas Mandavela, ao Justino Guia e à Luísa Hatonda.

A todos os que de maneira direta ou indireta contribuíram para que este trabalho tivesse o fim desejado! Nem acredito que terminei!

Obrigado!

Resumo

Este estudo foi realizado na cidade de Kuito, província do Bié, na região central de Angola. Os objetivos principais foram caracterizar e comparar a cor e a composição química de amostras de poeiras e de solos e identificar possíveis fontes de partículas atmosféricas na cidade de Kuito. Realizaram-se duas campanhas de amostragem de poeiras, no ano de 2015, com períodos de acumulação de 60 dias. A primeira, na estação chuvosa, de 18 de fevereiro a 19 de abril, e a segunda, na estação seca, de 5 de junho a 4 de agosto. Utilizaram-se recipientes coletores de cerâmica. Foram colhidas 5 amostras representativas de solo regional e 5 amostras representativas de solo urbano, sendo a colheita realizada no dia 5 de maio de 2015. Foi determinada a cor das amostras de poeiras e de solos, por colorimetria, relativamente ao espaço de cor CIE, usando os parâmetros L^* , a^* e b^* . Estes valores são todos positivos, tendo-se concluído, da projeção x , y , z , que a cor das amostras se aproxima dos tons cinzentos e amarelos e que os solos, principalmente os regionais, são mais escuros do que as poeiras. A composição química das amostras foi efetuada por fluorescência de raios-X. Aplicou-se o teste t-Student para comparar as médias dos elementos químicos analisados nas amostras estudadas e verificar se as diferenças são estatisticamente significativas, para um nível de significância de 0,05. Compararam-se as poeiras nas duas campanhas, os solos regionais e as poeiras, os solos urbanos e as poeiras e os solos regionais e os solos urbanos. Conclui-se que a composição química das poeiras das duas campanhas apresenta diferenças significativas com a sazonalidade para a maioria dos elementos, exceto para Mo, Sr, Pb, Al e Si, que, com exceção de Pb e Mo representarão contribuição geogénica. Conclui-se também que os solos regionais são distintos das poeiras e que nos solos urbanos os elementos Pb, Fe e Cr mostram teores idênticos aos das poeiras. Sendo Fe um elemento geogénico abundante nas unidades líticas da região, considera-se que estes elementos poderão representar contribuição antrópica associada ao tráfego rodoviário. Por último, os solos regionais e urbanos mostram, também, diferenças significativas na sua composição mostrando teores idênticos para os elementos Mo, Cr e Nb. A cor e a composição química das amostras estudadas permitem indicar como possíveis fontes de partículas atmosféricas, na cidade de Kuito, as unidades líticas e os solos da região bem como o tráfego rodoviário.

Palavras-chaves: colorimetria, Kuito, partículas atmosféricas, teste t-Student.

Abstract

This study was carried out in the city of Kuito, Bié province, central Angola. The main objectives were to characterize and compare the colour and chemical composition of dust and soil samples and identify possible sources of atmospheric particles in the city of Kuito. There were two dust sampling campaigns in 2015, with 60-day accumulation periods: the first in the rainy season, from February 18th to April 19th, and the second in the dry season, from June 5th to August 4th. Ceramic collection containers were used. Five representative samples of regional soil and 5 representative samples of urban soils were collected on May 5, 2015. The colour of the samples of dust and soil was determined by colourimetry using CIE colour space with parameters L^* , a^* and b^* . These values are all positive, and it can be concluded from the projection x , y , z that the sample colour is close to grey and yellow shades and that the soils, especially the regional ones, are darker than the dust. The chemical composition of the samples was ascertained by X-ray fluorescence. Student's t-test was used to compare the means of chemical elements analysed in the samples studied, and to determine that the differences are statistically significant at a 0.05 significance level. A comparison was made of the dust in the two campaigns, the regional soils and dust, the urban soils and dust and the regional soils and urban soils. It may be concluded that the chemical composition of the dust from the two campaigns presents significant differences depending on the season for most elements except for Mo, Sr, Pb, Al and Si, which, with the exception of Pb, represent geogenic contribution. It can also be concluded that the regional soils are distinct from the dust and that in urban soils the elements Pb, Fe and Cr show levels similar to those of the dust. As Fe is an abundant geogenic element in the lytic units of the region, these elements may be considered as representing an anthropogenic contribution associated with road traffic. Finally, regional and urban soils also show significant differences in composition, with identical levels for the elements Mo, Cr and Nb. The colour and chemical composition of the samples studied allow the lytic units and soils of the region and road traffic to be identified as possible sources of atmospheric particles in the city of Kuito.

Keywords: colourimetry, Kuito, atmospheric particles, Student's t test.

Índice

Dedicatória	I
Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de figuras	vii
Índice de tabelas	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Estruturação do trabalho	2
1.2. Fundamentação	3
1.3. Objetivos	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. Componentes do ar atmosférico	5
2.2. Matéria Particulada	6
2.3. Origem das partículas	6
2.4. Poluição, poluentes e saúde	8
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	10
3.1. Enquadramento geográfico e administrativo	10
3.2. Enquadramento geológico	13
3.3. Enquadramento geomorfológico	15
3.4. O solo	17
3.5. Clima	18
3.6. Dados sobre as doenças respiratórias agudas	21
4. METODOLOGIA	23
4.1. Amostragem	23
4.2. Preparação das amostras	29
4.3. Colorimetria	30
4.4. Fluorescência de Raio X	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Taxa de acumulação	32
5.2. Cor das amostras de poeiras e solos	34
5.3. Composição química das poeiras e solos	36
5.4. Comparação da composição química das amostras	39
6. Conclusões	43
7. Bibliografia	45

Índice de figuras

Figura 1.	Localização da província do Bié no mapa de Angola	11
Figura 2.	Representação do município do kuito e dos municípios fronteiriços	12
Figura 3.	Perfil do Kuito	13
Figura 4.	Excerto da carta geológica "Geologia de Angola"	14
Figura 5.	Representação das unidades geomorfológicas de Angola	16
Figura 6.	Representação dos locais de amostragem das poeiras, solos urbanos e solos regionais	23
Figura 7.	Localização de nove pontos de amostragem de poeiras no centro da cidade do Kuito	24
Figura 8.	Localização de um dos pontos de amostragem na comuna do Kunje	24
Figura 9.	Recipientes coletores utilizados na recolha de amostras de poeira	25
Figura 10.	Imagem de alguns locais de amostragem de poeiras da cidade do Kuito	26
Figura 11.	Imagens as etapas de preparação das amostras de solos	29
Figura 12.	Copos porta amostra com película de polipropileno	30
Figura 13.	13.(a) Espectrofotómetro portátil usado na determinação da cor das amostras de poeira e solos da cidade do Kuito (13b) Representa em 3 eixos do espaço de cor CIE, com indicação das coordenadas L^* , a^* e b^* (CTC,2013)	31
Figura 14.	Espectrómetro portátil utilizado nas análises químicas das amostras de poeiras e solos	31
Figura 15.	Variação da taxa de acumulação de poeiras nas duas campanhas de amostragem	33
Figura 16.	Curvas de refletância, no intervalo 360 a 740 nm, das amostras de solos e poeiras	34
Figura 17.	Projeção dos valores de L^* , a^* e b^* das amostras de solos e poeiras	35
Figura 18.	Projeção das amostras nos diagramas triangulares A-Si-Ca e Al-Si-Fe	38

Índice de tabelas

Tabela 1.	Fontes naturais de aerossóis e respectivos constituintes	7
Tabela 2.	Fontes antropogénicas de aerossóis e respectivos poluentes	8
Tabela 3.	Elementos do clima dos meses de recolha de amostras (época chuvosa)	19
Tabela 4.	Elementos do clima os meses de recolha de amostras (época seca)	20
Tabela 5.	Elementos do clima referentes ao ano 2014	20
Tabela 6.	Dados epidemiológicos das doenças respiratórias agudas na sede do Kuito	21
Tabela 7.	Caraterização dos locais de amostragem de poeiras na cidade do Kuito, com inicação das coordenadas geográficas, altitude, altura e localização	27
Tabela 8.	Caraterização dos locais de amostragem de solos, com indicação das coordenadas geográficas, altitude e localização	28
Tabela 9.	Massas das amostras de poeira e taxa de acumulação em mg/dia para as duas campanhas de amostragem	32
Tabela 10.	Valores de L^* , a^* e b^* obtidos nas amostras de solos e poeiras da área de estudo	34
Tabela (11a).	Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados nas amostras de solos urbanos e solos regionais	36
Tabela (11b).	Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados nas amostras de poeiras na primeira campanha	37
Tabela 12.	Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados em ppm (exceto Si, Ti, Fe, K, S em %) nas amostras de solos e poeiras da área de estudo	40
Tabela 13.	Resultados do teste t-Student para duas variâncias desiguais com o nível de significância $<0,05$. SR-solos regionais; SU-solos urbanos; P-poeiras; p_1 -poeiras (1ª campanha); p_2 -poeiras (2ª campanha)	41

1. INTRODUÇÃO

O estudo das partículas atmosféricas, em especial troposféricas de origem natural e antrópica, e seu impacto no clima e nos seres vivos tem conhecido progressos notáveis nos últimos 30 anos, aproximadamente. Estes estudos foram reconhecidos como ciência a partir do fim da Segunda Guerra Mundial, com cientistas de diferentes campos de pesquisa (meteorologia, física, engenharia, química, matemática, etc.) a contribuírem para a sua evolução (Spurny, 1998). Registos escritos das tempestades de poeiras, com origem no Deserto do Sara, sobre a Europa, são comuns a partir de meados do século XIX (Derbyshire, 2005). No entanto, foi nos anos 90 do século XX, que mais cresceu o interesse pelo conhecimento das características das partículas e dos seus impactos. A composição mineralógica e química destas partículas, a sua morfologia e propriedades magnéticas têm constituído o principal foco destes estudos (Calvo *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 2008; Sant'Ovaia *et al.*, 2012). Atualmente, existe também uma atenção especial no estudo das partículas em suspensão no ar em ambiente interior (Fromme *et al.*, 2007, Zwozdziak *et al.*, 2013).

O termo aerossol inclui as partículas sólidas, líquidas e gasosas em suspensão na atmosfera. Os aerossóis sólidos compreendem partículas naturais primárias, emitidas para a atmosfera, como poeiras minerais e sal marinho, e partículas secundárias, como por exemplo, os sulfatos, resultantes de reações químicas na atmosfera entre componentes primários. O material carbonoso resultante da queima de combustíveis fósseis e de biomassa constitui o tipo mais comum de partículas de origem antrópica e as fontes de partículas naturais são os solos, sedimentos e a atividade vulcânica. As partículas antropogénicas resultam, fundamentalmente, do tráfego automóvel e de atividades industriais e agrícolas. Acrescentamos o pastoreio e a mineração (Ginoux *et al.*, 2010).

As partículas atmosféricas transportadas pelo vento podem afetar a saúde humana de forma direta ou indirecta. As partículas mais finas podem ser inaladas ou depositadas nos solos ou na água. Se a toxicidade dessas partículas for elevada, acabam por contaminar as plantas que crescem nesses solos, os animais que se alimentam dessas plantas e, desta forma, interferem na cadeia alimentar, afetando o próprio homem (Derbyshire, 2005).

É nos grandes meios urbanos, onde se concentra 50% da população mundial que os problemas relacionados com a qualidade do ar são mais prementes de resolução (Ho, 2012). Muitos países criaram instrumentos de regulação e programas de controlo.

Estes programas podem incluir monitorização diária de variáveis, com a instalação de equipamentos fixos em locais seleccionados de cidades de grande e média dimensão. Portugal, por exemplo, está dotado de estações e redes de medição fixas para a avaliação da qualidade do ar ambiente, na maior parte dos casos geridas pelas comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDRs). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece linhas orientadoras para a qualidade do ar baseadas na avaliação dos seguintes parâmetros: matéria particulada (representada pela abreviatura PM, da expressão, em língua inglesa, “particulate matter”), ozono (O_3), dióxido de azoto (NO_2) e dióxido de enxofre (SO_2) (WHO, 2006). Partículas com dimensão inferior a $10\ \mu m$ (PM_{10}) e $2,5\ \mu m$ ($PM_{2,5}$) são, tipicamente, as partículas monitorizadas em estudos de controlo da qualidade do ar e dos seus efeitos na saúde pública. As últimas têm um interesse particular pelo facto de serem partículas respiráveis, suficientemente finas para alcançarem os brônquios.

Assim, têm-se generalizado, em todo o mundo, estudos que pretendem proporcionar mais e melhor informação sobre as relações entre as características da matéria particulada na atmosfera, sobretudo as de origem antrópica, e a saúde humana.

Por isso, este trabalho pretende ser um contributo para o conhecimento das características das partículas troposféricas e das suas fontes na cidade de Kuito, província do Bié, em Angola.

1.1. Estruturação do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

1. Introdução.
2. Enquadramento teórico.
3. Caraterização da área de estudo
4. Metodologia
5. Resultados e discussão
6. Conclusões
7. Bibliografia

No capítulo 1 referem-se as razões da escolha do tema, com uma breve introdução sobre a importância do estudo das partículas atmosféricas e dos solos na cidade de Kuito (ex-Silva Porto), São também delineados os objectivos deste estudo.

No capítulo 2 faz-se o enquadramento teórico referindo as características gerais das partículas atmosféricas, as suas fontes e os efeitos na saúde pública.

No capítulo 3, faz-se a caraterização da área de estudo, no que se refere ao enquadramento administrativo, incluindo dados demográficos, geológico, geomorfológico e climático.

No capítulo 4 é descrita a metodologia para a colheita de amostras de poeiras, na época seca e na época chuvosa, e de solos. Descrevem-se também as características dos equipamentos utilizados e os procedimentos para a análise química e colorimétrica das amostras.

No capítulo 5 apresentam-se e discutem-se os resultados.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões.

1.2. Fundamentação

O recurso ar, indispensável à vida neste planeta, tem sido fortemente agredido pelo homem. Provavelmente, só agora é alvo de preocupação de alguns governantes pelo facto de ser abundante, invisível e inodoro.

As poeiras atmosféricas destacam-se neste trabalho por apresentarem um grande potencial poluidor, pela razão de estarem associadas a quase todas as atividades antrópicas.

O tema deste trabalho é bastante sugestivo por ser o primeiro estudo, nesta área científica, realizado na cidade de Kuito. Despertou-nos o interesse conhecer algumas das características das poeiras atmosféricas e dos solos desta região e o seu possível impacto nos seres vivos e, em particular, no ser humano.

Assim, este trabalho, de caraterização colorimétrica e química das partículas atmosféricas e de solos, da cidade de Kuito, baseou-se na recolha de poeiras em diversos pontos, de forma a avaliar a origem destas poeiras e, futuramente, refletir sobre os problemas ambientais nesta urbe. É também nosso objetivo influenciar os governos locais no sentido de procurarem soluções para minimizar situações adversas no que diz respeito à qualidade do ar, razão pela qual se escolheu a cidade e os bairros periféricos da cidade.

1.3. Objetivos

Os objetivos gerais definidos para este trabalho são os seguintes:

- Calcular as taxas de acumulação de partículas para dois períodos de amostragem de poeiras, na época seca e na época chuvosa;
- Comparar os dados colorimétricos das amostras de poeiras e das amostras de solos;
- Caracterizar a composição química de amostras de poeiras recolhidas em dois períodos de amostragem (época seca e época chuvosa), em locais selecionados da cidade de Kuito;
- Caracterizar a composição química de amostras de solos colhidos em locais representativos da cidade de Kuito;
- Comparar a composição química das amostras de poeiras e das amostras de solos;
- Avaliar as variações sazonais na composição das amostras de poeiras nas duas campanhas de amostragem;
- Identificar possíveis fontes de partículas atmosféricas na cidade de Kuito.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Componentes do ar atmosférico

A atmosfera é a camada gasosa que rodeia o planeta Terra. A palavra deriva do grego “atmos” que quer dizer vapor e “sphaira” que significa esfera. A atmosfera terrestre permite a existência de vida neste Planeta, pois participa nos mecanismos de respiração e fotossíntese e tem a capacidade de filtrar a radiação ultravioleta nociva, com origem no Sol.

A atmosfera é a fonte do dióxido de carbono (CO_2) para a fotossíntese, do oxigénio (O_2) para a respiração e do nitrogénio (N) necessário à vida. Transporta água dos oceanos para os continentes, agindo como um grande condensador. É composta por cinco camadas concêntricas: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera.

Os principais componentes do ar, ao nível do mar, são: N_2 (78%), O_2 (21%), H_2O (em percentagem molar inferior a 4) e 1% de outras substâncias, como CO_2 , Ne, He, CH_4 e O_3 (Santos, 2008). Para além destes componentes podem existir outros de origem natural ou antrópica. Não há apenas moléculas gasosas, mas também partículas sólidas e líquidas.

Alguns destes constituintes podem ser poluentes do ar. Assunção (1998) define poluente atmosférico como qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa e de energia que, presente na atmosfera, pode provocar danos no ambiente e nos seres vivos em geral. Para a OMS, os principais poluentes do ar são: a matéria particulada, o ozono, o dióxido de azoto e o dióxido de enxofre (WHO, 2006).

Os poluentes podem ser classificados como pertencentes a três grupos básicos de substâncias: sólidos, líquidos e gasosos. Na prática, algumas vezes, podem estar combinados entre si. Os principais poluentes atmosféricos ocorrem na forma de gases ou particulados. Estes dois grupos têm sido objeto de um considerável número de pesquisas científicas e regulamentações devido aos impactos negativos que acarretam sobre a atmosfera, a vegetação, a saúde humana, os animais e os materiais (Godish, 1991). Outra classificação enquadra os gases e os particulados, segundo a sua origem, em dois grupos: primários e secundários. Os primários são emitidos diretamente na atmosfera, como o monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxido de nitrogénio e hidrocarbonetos. Estes componentes podem sofrer transformações e reações químicas na atmosfera e dar origem a poluentes secundários, como o ozono e o trióxido de enxofre.

2.2. Matéria particulada

A matéria particulada compreende uma mistura complexa de partículas sólidas e líquidas de substâncias orgânicas e inorgânicas suspensas no ar. Os principais componentes são sulfatos, nitratos, amónia, cloreto de sódio, carbono negro (fuligem), poeiras minerais e água. As partículas mais finas, com dimensão inferior a 10 µm, são as que colocam maiores riscos para a saúde humana, pois podem penetrar e alojar-se nas vias respiratórias inferiores. A monitorização destas partículas nos centros urbanos permite obter registos das concentrações diárias de PM₁₀, ou mesmo de PM_{2,5}, em microgramas por metro cúbico de volume de ar (WHO, 2014).

2.3. Origem das partículas

As partículas em suspensão no ar troposférico podem ter origem natural ou antrópica.

As primeiras (Tabela 1) correspondem, fundamentalmente, à libertação, transporte e deposição de partículas minerais com origem nos solos, sedimentos e superfícies de rocha alterada. Os processos que conduzem à libertação das partículas minerais são globalmente designados pelo termo meteorização. Podem constituir grãos isolados ou agregados de grãos, como quartzo, calcite, micas e minerais de argila. Os ambientes fonte deste tipo de partículas são as grandes zonas desérticas do planeta, como os desertos: Sara (Norte de África), Taklamakan (China Ocidental), Gobi (Norte da China), Namibe, Kalahari (África Austral), Great Basin Desert (Oeste dos Estados Unidos), Atakama (Norte do Chile). Assim, os processos naturais que envolvem a injeção de volumes substanciais de partículas minerais na atmosfera são periódicos, sazonais e preferencialmente localizados em regiões subtropicais áridas ou semiáridas. As partículas podem ser transportadas a centenas de quilómetros de distância e, por isso, as fontes podem ser proximais ou distais (Derbysire, 2005).

Cristais de halite são comuns nos aerossóis atmosféricos e correspondem a “sprays” marinhos transportados pelo vento

A atividade vulcânica contribui, igualmente, com partículas minerais constituintes dos aerossóis atmosféricos, como: vidro vulcânico, sílica, feldspatos e sulfatos. Estes sulfatos podem reagir com outras partículas naturais, como cristais de calcite, e dar origem a partículas secundárias.

Os incêndios florestais, originados por causas naturais, são também fontes possíveis de partículas naturais na atmosfera. A queima de biomassa é responsável pelo chamado carbono negro.

Tabela 1. Fontes naturais de aerossóis e respetivos constituintes, segundo Calvo *et al.* (2013).

Fontes Naturais	Constituintes primários	Constituintes secundários
Poeiras minerais: desertos, leitos de lagos secos, solos	calcite, quartzo, dolomite, argilas, feldspato, óxidos de ferro, sulfato cálcio, etc.	
Aerossóis marinhos	Na, K, Mg, Ca, Cl, Br, I, $(SO_4)^{2-}$, compostos orgânicos, carbono orgânico (CO)	sulfatos, nitratos
Emissões biogénicas: Vegetação, microorganismos	pólenes, esporos, fungos, vírus, bactérias, compostos orgânicos voláteis emitidos pela biosfera (BCOVs)	compostos resultantes da oxidação dos BCOVs
Erupções vulcânicas	H ₂ O, CO ₂ , SO ₂ , cinzas vulcânicas (Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Hg, Cl, etc.)	sulfatos
Relâmpagos	NO, NO ₂	nitratos
Incêndios naturais	S, CO ₂	

As partículas de origem antrópica (Tabela 2) resultam, principalmente, de processos industriais, atividades agrícolas e tráfego rodoviário. As centrais termoelétricas, alimentadas com carvão, altos-fornos, siderurgias, indústrias de cimento e alguns ramos da indústria química são responsáveis pela produção destas partículas. Os veículos automóveis contribuem continuamente para a formação de partículas, sobretudo no trânsito urbano. Todavia, a poeira levantada por veículos a motor não se propaga a longas distâncias. Mas, como nas grandes cidades as vias públicas em que é levantada a poeira são relativamente estreitas, com poucos metros de largura, a concentração de poeira não pode ser diluída antes de precipitar e atuar sobre o homem e os animais.

Assim, com correntes aéreas fortes, as partículas de poeira atingem elevadas altitudes e podem formar nuvens de pó de 4 a 8 km. As poeiras levantadas desta forma podem propagar-se globalmente e constituir uma ameaça para toda a atmosfera.

Tabela 2. Fontes antropogénias de aerossóis e respetivos poluentes, segundo Calvo *et al.* (2013).

Fontes Antropogénicas	Poluentes
Tráfego: rodoviário, ferroviário aéreo e marítimo	CO ₂ , SO, NO _x , Zn, Fe, Al, Ca, Ba, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos
Indústria	SO ₂ , gás sulfúrico, HCl, NO _x , hidrocarbonetos, fluoretos Ni, V
Queima de resíduos sólidos	SO, ácido clorídrico, NO, hidrocarbonetos
Queima de carvão	Se, Hg, Cr, Pb, Sb, Zn
Queima de biomassa	CO ₂ , CO, NO _x , carbono orgânico

2.4. Poluição, poluentes e saúde

A poluição atmosférica é causada pela introdução de qualquer substância que, devido à sua concentração, se pode tornar nociva à saúde e ao ambiente. Refere a contaminação do ar por gases, líquidos e partículas sólidas em suspensão, material biológico e até mesmo energia.

Essas substâncias são chamadas poluentes atmosféricos e existem na forma de gases ou partículas provenientes de fontes naturais (vulcões e neblinas) ou fontes artificiais produzidas pelas atividades humanas. O Decreto-Lei nº 102/2010, da Legislação Portuguesa, define poluente como qualquer substância presente no ar ambiente que possa ter efeitos nocivos na saúde humana e ou no ambiente. Este Decreto-Lei estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, atribuindo particular importância ao combate das emissões de poluentes na origem e à

aplicação das medidas mais eficazes de redução de emissões, a nível local e nacional, como formas de proteção da saúde humana e do ambiente. Fixa os objetivos para a qualidade do ar ambiente tendo em conta as normas, as orientações e os programas da OMS, destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

Os efeitos dos diferentes poluentes atmosféricos na saúde traduzem-se no aparecimento ou agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, particularmente em populações sensíveis, como as crianças, idosos e indivíduos com problemas respiratórios.

As concentrações de poluentes atmosféricos encontradas em grandes cidades acarretam afeções agudas e crónicas no trato respiratório, mesmo em concentrações abaixo do padrão de qualidade do ar.

O material particulado inalável, com dimensão inferior a 10 μm e mais recentemente 2,5 μm , é apontado como o poluente com mais frequência relacionado com danos na saúde. A perigosidade das partículas depende do seu tamanho, da sua composição química e do local onde se depositam. As partículas de maiores dimensões são normalmente filtradas, ao nível do nariz e das vias respiratórias superiores, podendo estar relacionadas com irritações e hipersecreção das mucosas. Já as partículas de menores dimensões, com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10 μm (PM_{10}) são normalmente mais nocivas dado que se depositam ao nível das unidades funcionais do aparelho respiratório. A mortalidade por doenças cardiovasculares tem sido relacionada com a poluição atmosférica urbana, e, em especial, com a matéria particulada inalável.

Os efeitos dependem também de fatores de sensibilidade dos indivíduos, que determinam a sua maior ou menor severidade, tais como idade, estado de saúde ou mesmo predisposição genética, o que torna difícil a avaliação dos efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde de cada um.

3. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Enquadramento geográfico e administrativo

Etimologicamente, Angola deriva de “Ngola”, nome atribuído a uma dinastia do povo Ambundo. Do ponto de vista geográfico, a República de Angola, antiga colónia portuguesa, situa-se na África Subsariana, sendo o quinto país de maior dimensão em África, com uma área aproximada de 1 246 700 km² e uma linha atlântica de cerca de 1650 km, que se estende de Cabinda à foz do rio Cunene, que serve de fronteira do país com a Namíbia. Sua fronteira terrestre é de 4837 km.

O comprimento máximo na direção N-S é 1277 km e a largura máxima, na direção E-W, corresponde a 1236 km, dando ao país uma configuração equivalente a um quadrilátero.

O território da República de Angola fica situado na costa ocidental da África Austral, a Sul do Equador, sendo limitado, a Norte, pela República do Congo-Brazaville e pela República do Congo Democrático (ex-Zaire), a Nordeste e pelo Este, pela República Democrática do Congo e pela Zâmbia, a Sul, pela Namíbia e, a Ocidente, com o Oceano Atlântico entre as latitudes 4°21'26'' e 18°02'10''S e nos meridianos de 11°38'40'' e 24°03'20''E.

Angola está dividida administrativamente em dezoito províncias (Cabinda, Zaíre, Uíge, Luanda, Bengo, Kwanza Norte, Kwanza Sul, Malanje, Lunda Norte, Lunda Sul, Benguela, Huambo, Bié, Moxico, Namíbe, Huíla, Cunene e Cuando Cubango), contendo cento e sessenta e quatro municípios e quinhentas e cinquenta e sete comunas (Ferreira *et al.*, 2012).

Bié é uma das províncias de Angola, com uma área de 70 314 km² e uma população aproximada de 1 794 000 habitantes (antes do censo populacional realizado em maio de 2014). Os dados preliminares fornecidos pelo censo populacional, realizado em 2014, apontam para 1 338 923 habitantes (Censo, 2014).

A província apresenta uma dimensão comparável a nações como Portugal ou República Checa. Encontra-se localizada no centro de Angola e faz fronteira com as seguintes províncias (Fig. 1):

- Norte: Kwanza Sul, Malanje, Lunda Sul;
- Este: Moxico;
- Sul: Cuando-Cubango;

- Oeste: Huíla e Huambo.

O distrito do Bié foi fundado, em 1922, por Vie, caçador de elefantes de origem Umbe que, depois de se instalar na região de Belmonte, tornou-se soberano da mesma.

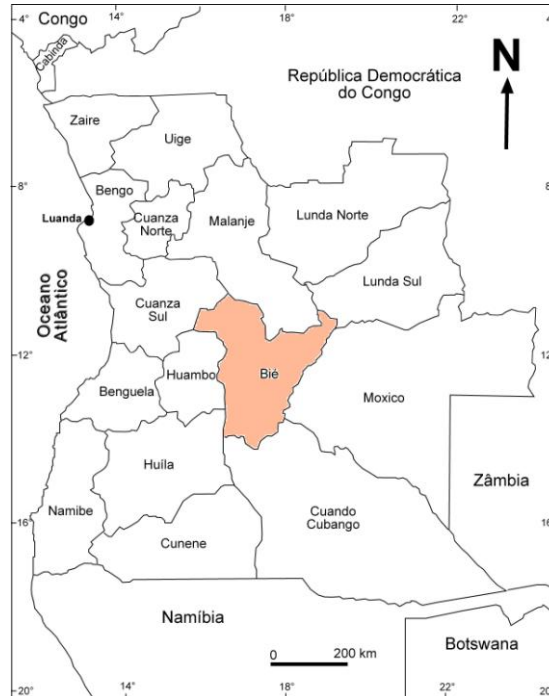


Fig.1. Localização da província do Bié no mapa de Angola.

A capital foi elevada à categoria de cidade pelo Diploma Legislativo nº 740, de 31 de Agosto de 1935, sob proposta dos habitantes, através do Estatuto de Vila, por ser uma região onde se iniciaram as campanhas de penetração portuguesa com destino ao leste de Angola. Até 1975, designou-se Silva Porto, em homenagem ao explorador português Silva Porto.

É um dos nove municípios que compõem esta província e situa-se no Planalto Central de Angola, com as seguintes coordenadas: latitude $12^{\circ}22'59''$ e longitude $16^{\circ}55'59''$, a 82 km do centro geodésico do País, Kamacupa. A cidade tem uma área de 4814 km². Antes do Censo populacional, realizado em maio de 2014, tinha cerca de 974 000 habitantes. Os resultados preliminares do censo apontam para 424 169 habitantes. É limitada, a Norte, pelos municípios de Cunhinga e Catabola, a Este, pelo município de Camacupa, a Sul, pelo município de Chitembo, e, a Oeste, pelo município de Chinguar (Fig. 2).



Fig. 2. Representação do município de Kuito e dos municípios fronteiriços (FAS, sd).

A estrutura administrativa do município de Kuito é composta por cinco Comunas: Comuna sede (Kuito), Comuna de Kunje, que dista 7 km, a norte, da Comuna sede, Comuna de Trumba, a 18 km a Norte da Comuna sede, Comuna de Chicala, a 54 km a Sul da Comuna sede, Comuna da Cambândua, que dista 52 km, a Este, da Comuna Sede e três Centros Administrativos (Kuquema, a 18 km, a Este, Ecovongo, a 20 km, a Sul, e Jimba Silili, a 10 km, a este da Comuna Sede) (Fig. 3).

Estas comunas estão divididas em 21 regedorias, 30 embalas grandes, 54 embalas pequenas, 56 bairros e 252 aldeias (Ferreira *et al.*, 2012).

Salienta-se que o município está no Centro de vias rodoviárias e ferroviárias principais:

Kuito – Huambo à província de Benguela;

Kuito – Kuando-Kubango à Republica da Namíbia;

Kuito – Moxico à República da Zâmbia;

Kuito- Malange até às Repúblicas dos Congos. O caminho-de-ferro de Benguela que vai até ao Luau, na fronteira com a República da Zâmbia.

Devido ao conflito interno vivido no país num período de aproximadamente 30 anos, Bié foi uma das províncias que mais sofreu os efeitos da guerra, o que criou situações difíceis à população, verificando-se um êxodo das populações rurais para o município sede, causando um crescimento populacional elevado, associado a taxas elevadíssimas de natalidade, característica própria do povo angolano e africano, em geral.

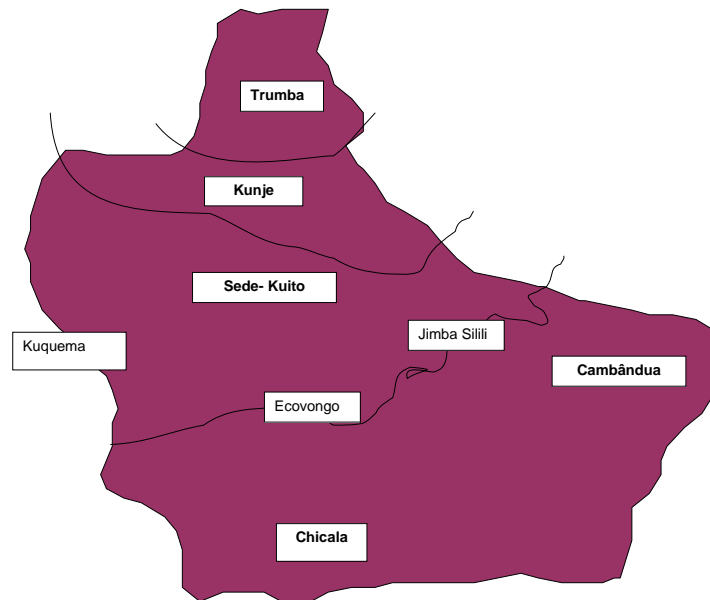


Fig. 3. Perfil do Kuito (Ferreira *et al.*, 2012)

O crescimento não proporcional da população contribuiu para a invasão dos espaços e, conseqüentemente, para o aparecimento de novos bairros sem condições de habitabilidade, tendo causado imensas alterações ao ambiente e aos planos de ordenamento do território.

Com toda esta realidade, são evidentes as desigualdades entre as áreas urbanas, periurbanas e rurais, sendo possível identificar níveis diferentes de vida.

3.2. Enquadramento geológico

A figura 4 mostra um excerto da Folha nº 3 da carta geológica “Geologia de Angola”, à escala 1:1 000 000 (Carvalho, 1980), com representação das unidades geológicas aflorantes na região de Kuito.

Na região afloram rochas ígneas e metamórficas do Neo-arcaico, designadas por Complexo granítico-migmatítico, com idade de 2520 ± 36 Ma (Carvalho, 1980), e granitos do Paleoproterozoico, referidos como granitos biotíticos da Região Central, com idade de 2250 Ma (Carvalho, 1980). As primeiras afloram nos vales e estão subjacentes a unidades geológicas do Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico.

O Grupo Lutoa é atribuído ao Carbónico, podendo a parte superior corresponder ao Pérmico inferior. É constituído por tilitos avermelhados conglomeráticos com intercalações de arenitos e “shales”. Os tilitos possuem blocos de rochas arcaicas e

neoproterozoicas (granitos, gnaisses, arenitos, xistos). Para além dos tons vermelhos, podem apresentar cores amarelas e violetas (Araújo & Guimarães, 1992).

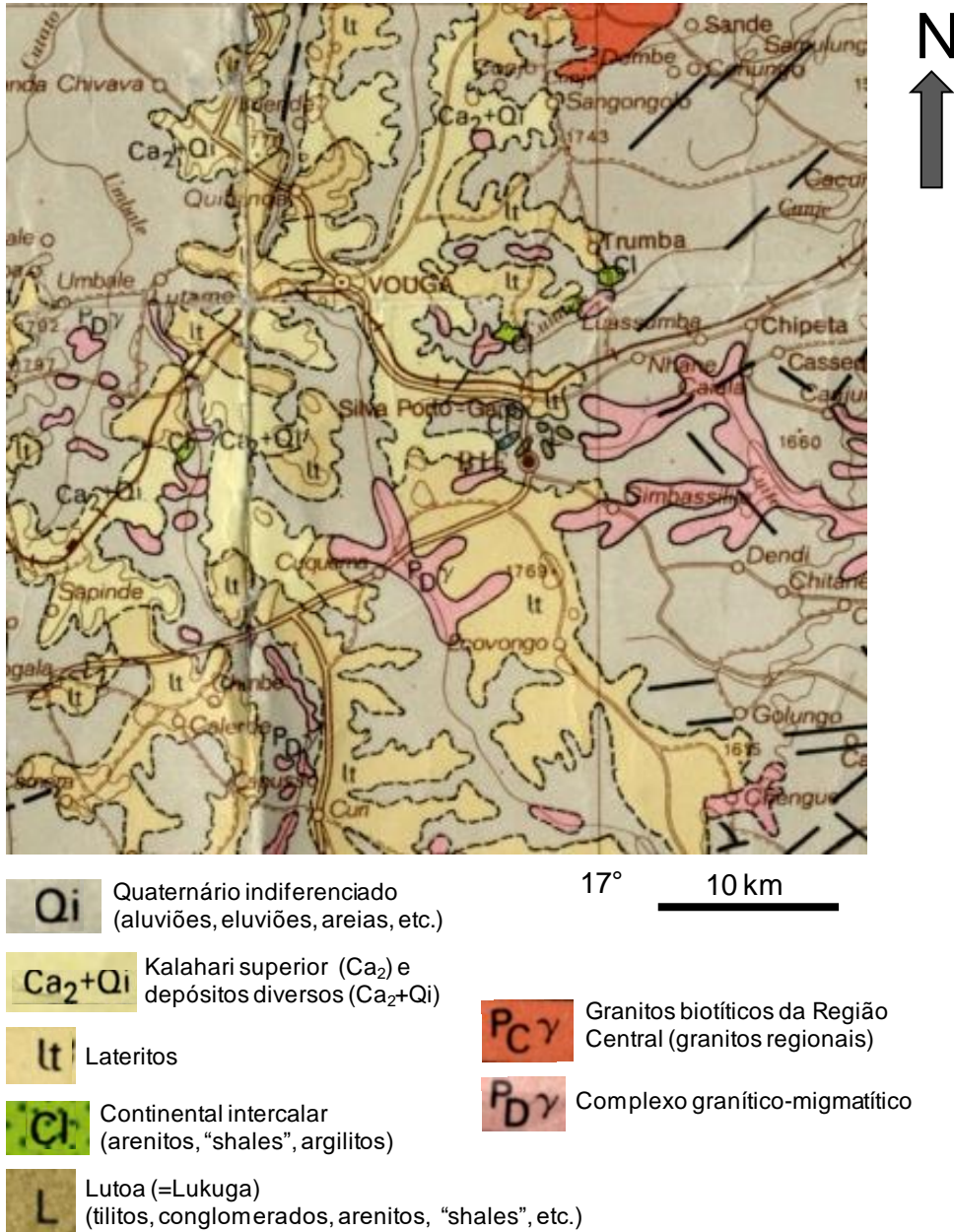


Fig. 4. Excerto da carta geológica "Geologia de Angola" (Folha nº 3), à escala 1: 1 000 000 (Carvalho, 1980), com representação das unidades geológicas aflorantes na região de Kuito.

A Formação Continental Intercalar é atribuída ao Jurássico Superior a Cretácico Inferior. É constituída por arenitos cinzentos e cinzento-amarelados, siltitos, argilitos vermelhos e, por vezes, conglomerados (Araújo & Guimarães, 1992).

Estas duas unidades possuem reduzida expressão na área representada na figura 4.

Laterites e couraças lateríticas são atribuídas ao Paleocénico-Eocénico e ter-se-ão formado na superfície pós-cretácica de peneplanação. Possuem coloração pardacenta escura ou pardacenta avermelhada. A sua desagregação origina solos ferrálicos (Araújo & Guimarães, 1992).

O Grupo Kalahari corresponde a depósitos de origem continental atribuídos ao Eocénico a Pliocénico. O Grupo é dividido na Formação de “Grés Polimorfos”, inferior, e na Formação “Areias Ocres”, superior. A última, aflorante na região deste estudo, é constituída por areias quartzosas com argilas e hidróxidos de ferro. Do ponto de vista da composição mineralógica possuem, para além de quartzo, zircão, rútilo, turmalina, estauroilite e cianite. Apresentam cor amarela, alaranjada ou vermelha. A génese desta Formação é atribuída a remoção eólica, mas admite-se igualmente influência fluvial (Araújo & Guimarães, 1992).

À Formação das “Areias Ocres” sobrepõem-se depósitos quaternários indiferenciados com origem predominante na erosão desta unidade do grupo Kalahari. Do ponto de vista litológico são constituídos, fundamentalmente, por areias e argilas (Araújo & Guimarães, 1992).

As unidades mais recentes, do Cenozoico, afloram extensamente na região onde predominam as litologias do Quaternário, as laterites e as “Areias Ocres” do Grupo Kalahari (Fig. 4).

3.3. Enquadramento geomorfológico

Angola é constituída, principalmente, por um maciço de terras altas, limitado por uma estreita faixa de terra baixa cuja altura varia entre os 0 e os 200 metros. Acima dos 200 metros encontram-se as montanhas e os planaltos, aumentando gradualmente de altitude até atingir o Planalto Central, cujas altitudes médias variam entre 1200 e 1600 metros (Soma, sd).

Assim, em Angola, a variação da altitude faz-se, sobretudo, na direção longitudinal. A distribuição das altitudes determina a existência de diferentes formas de relevo e as planícies ocupam uma estreita faixa costeira. Na zona planáltica encontramos as maiores altitudes de Angola. Nesta zona as montanhas atingem quase uma altitude de 1700 metros. É no Planalto Central que se situa o ponto mais alto do país, o Morro do Moco, com 2 600 metros de altitude.

Do ponto de vista geomorfológico e tendo em conta as características de Angola, encontram-se a partir da costa as seguintes unidades geomorfológicas (Fig. 5): Faixa Litoral, Zona de Transição ou Sub-Planáltica, Cadeia Marginal de Montanhas, Depressão de Cassange, Maciço do Alto Zambeze, Zona Planáltica (González & Francisco, 1982).

O município de Kuito insere-se na zona planáltica que ocupa a maior parte de Angola, fortemente aplanado por um longo processo erosivo. Com altitudes compreendidas entre 1200 e 1700 metros, é modelado nas rochas do Maciço Antigo.

A cidade de Kuito está localizada no Planalto Central, a uma altitude média de 1715 m, no centro do País, centro geodésico de Angola. Anteriormente, tinha-se como ponto de referência das coordenadas geográficas de Angola.

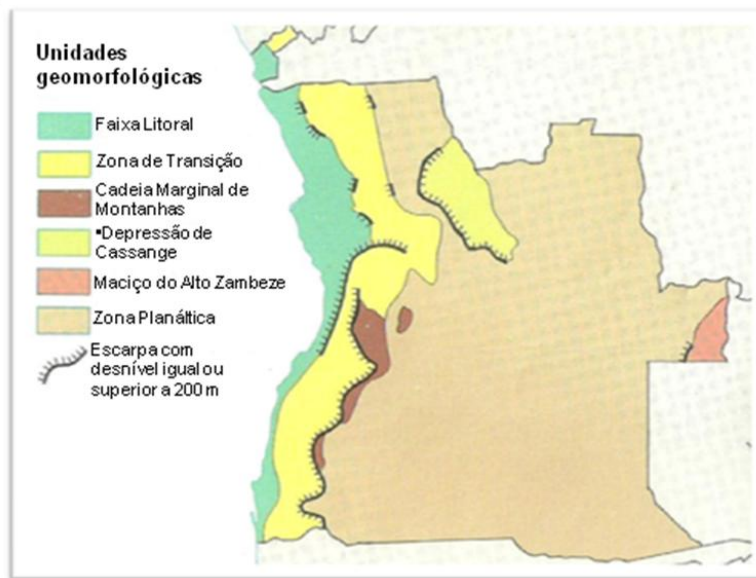


Fig. 5. Representação das unidades geomorfológicas de Angola, segundo González & Francisco, 1982.

Geomorfologicamente, a província do Bié enquadra-se na unidade do território designado Planalto Antigo, com extensa superfície planáltica que atinge o seu topo aproximadamente aos 1800 m de altitude. Esta província caracteriza-se por diversas unidades morfológicas que estreitamente se relacionam com as formas de relevo. Dentro de uma panorâmica geral da morfologia regional, ressaltam as seguintes formas de relevo: superfícies planálticas, altiplanos, escarpas e planícies aluviais. O

ponto mais elevado corresponde ao morro de Chimbango (1930 m), relevo residual quartzítico próximo do município do Chinguar (Dinis, 1989).

3.4. O solo

Pode definir-se solo como um agregado de partículas orgânicas e de minerais, não consolidado, de espessura variável, resultante da transformação da rocha-mãe subjacente, produzida pela ação de processos físicos, químicos e biológicos e que serve de suporte à vida vegetal. A formação de um solo ocorre segundo três etapas fundamentais: a desagregação e alteração da rocha, o enriquecimento em matéria orgânica e a migração de substâncias no sentido ascendente e descendente (Soltner, 1986).

A utilização da terra pelos camponeses do Kuito e do Planalto Central em geral, confrontados com o baixo nível de fertilidade dos solos, manifestam uma notável habilidade em tirar partido das condições ambientais e fisiográficas que o meio lhes proporciona. É isso que lhes permite o aproveitamento dos terrenos de acordo com a sua posição, segundo diferentes níveis de fertilidade que correspondem a distintos tipos de lavras e calendários culturais. Trata-se de uma curiosa gestão do tempo e do espaço que permite a realização de culturas e uma disponibilidade de alimentos mais equilibrada ao longo do ano (Ferreira *et al.*, 2012).

Os solos predominantes no Kuito são os ferralíticos (“ferrasols”), os paraferalíticos, os oxisialíticos pardos acinzentados, melhor drenados, e os hidromórficos e psamíticos (“arenosols”). Assim, uma unidade de produção familiar poderá utilizar a terra da seguinte forma, segundo o tipo de lavras ou parcelas (Ferreira *et al.*, 2012):

- Onaka - lavra de baixa, em solos aluvionares ou hidromórficos, onde se procura conservar ou drenar a humidade através do controlo do lençol freático, trabalhada normalmente, depois do final das chuvas, com hortícolas e, mais tarde, milho para ser colhido em novembro ou dezembro, quando os alimentos da colheita principal começam a escassear;
- Ombanda - lavra instalada na bordadura da baixa, de solos oxisialíticos pardos acinzentados, onde se torna mais fácil o manuseio da água e a drenagem; é geralmente semeada com milho, em setembro, para ser colhido em janeiro/fevereiro, ou com hortícolas ou batata;

- Osenda - lavra do alto, de solos ferralíticos, pouco férteis e pobres em matéria orgânica, quando se trata de um campo em terras recentemente desbravadas, ou por épia, no caso de uma lavra já em cultivo há vários anos; trata-se do tipo de lavra mais vulgar e isso justifica a necessidade da maior parte dos agricultores recorrer ao uso de fertilizantes.

- Otchumbo - lavra instalada junto às residências em terras enriquecidas em matéria orgânica produzida por homens e animais, tradicionalmente utilizada para tabaco e árvores de fruto, mas que, por razões de segurança, passou a ser muito utilizada para produção de milho, massambala, feijão, amendoim, macunde, abóbora e batata-doce.

Ocasionalmente, pode ainda ocorrer um outro tipo de lavra, a *elunda*, instalada em terras onde anteriormente existiam aldeias ou simples agrupamentos humanos, geralmente com níveis de matéria orgânica superiores aos habituais (Ferreira *et al.*, 2012).

Verifica-se, igualmente, em algumas áreas da província do Bié e no Kuito em particular, um fenómeno de acentuada erosão hídrica dos solos que provoca o surgimento de grandes ravinas ou fendas, cuja causa pode ser associada a vários fatores, nomeadamente: exploração mineira, desmatamento e queimadas e práticas inadequadas da agricultura tradicional (Ferreira *et al.*, 2012).

3.5. Clima

O clima de Angola é fortemente influenciado por um conjunto de fatores, dos quais se destaca a amplitude de latitudes, a altitude, a orografia, a corrente fria de Benguela, continentalidade, etc.

O Kuito localiza-se no Planalto Central, a 1715 metros de altitude acima do nível médio das águas do mar. É a segunda cidade mais elevada depois da cidade do Lubango, a 1750 metros. O seu clima é de tipo Cwb, na classificação de Koppen-Geiger, com as seguintes características: clima sub-tropical de altitude, temperado, húmido, com estações de verão e inverno bem definidas. O inverno seco dura quase 4 meses, com início em maio e término em agosto. O verão começa em setembro e termina em abril, com temperaturas médias não muito elevadas.

A temperatura anual (para 17 anos de registo) é de 18 °C, variando entre 15 °C, em junho, e 20 °C, em outubro (Weatherbase, 2015). Este é o tipo de clima caracterizado por condições de temperatura extremamente variável com médias anuais

decrecentes. A temperatura média anual na cidade de Kuito é de 17,8 °C e o mês mais quente, em média, é o de setembro, com uma temperatura de 15 °C (Weatherbase, 2015).

A precipitação máxima regista-se nos meses de janeiro, março, novembro e dezembro e as mínimas nos meses de maio e agosto. Não há registo de precipitação nos meses de junho e julho (para 42 anos de registo). A quantidade média de precipitação por ano é de 1287 mm e o mês com maior precipitação, em média, é o mês de dezembro, com 256,5 mm. O mês com menos precipitação é o mês de junho, com uma média de 0 mm (Weatherbase, 2015).

As chuvas, geralmente, começam em outubro e terminam em abril, podendo chover até ao mês de maio, a exemplo do ano 2015. No mês de junho, verifica-se o cacimbo total (seca) e em agosto há bastante vento que remobiliza e transportando bastante poeira.

Os meses mais quentes têm sido setembro, outubro e novembro, altura em que se verifica muita precipitação. Nesta região, sobretudo no Kuito, onde a altitude é muito elevada, as temperaturas tendem a baixar com a existência de novoeiros nos municípios adjacentes. Atualmente, observam-se alterações climáticas bastante significativas. Segundo dados manuscritos, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia, para o ano de 2015, até ao mês de agosto, considerando apenas os meses de recolha de amostras, na cidade de Kuito, a temperatura máxima, na época chuvosa, foi de 26,5 °C e a precipitação de 171,4 mm e, na época seca, temperatura máxima foi de 27,8 °C e a precipitação de 5,8 mm (Tabelas 3 e 4).

A humidade relativa do ar oscila entre 20 – 43%, no cacimbo, e 52 – 77%, na estação chuvosa, com uma média anual de 60 - 70%. O clima nesta região é muito favorável à vida agrícola e à fixação das populações.

Durante a estação das chuvas, a pluviosidade pode atingir valores superiores a 1500 mm.

Na tabela 5 apresentam-se o valor médio, máximo e mínimo, por mês, da temperatura, precipitação anual, precipitação máxima, por mês, e precipitação mínima, por mês, para o ano de 2014. A temperatura mais elevada foi observada no mês de novembro e a mínima no mês de junho e a precipitação mais elevada no mês janeiro e a mínima em dezembro.

Tabela 3. Elementos do clima dos meses de recolha de amostras (época chuvosa).

Meses	T max (°C)	T min (°C)	Precipitação (mm)	Ventos (k/h)	HR (%)
fev	26,0	16,0	150,4	Direção predominante: SE-20 k/h Rumo mais forte: SW-40 k/h dia 22	77-62
mar	26,5	15,6	155,7	Direção predominante: E-20 k/h Rumo mais forte: SW-40 k/h dia 29	77-56
abr	25,9	14,7	171,4	Direção predominante: SE-20 k/h Rumo mais forte: SE-36 k/h dia 25	73-52

Tabela 4. Elementos do clima dos meses de recolha de amostras (época seca).

Meses	T max (°C)	T min (°C)	Precipitação (mm)	Ventos (k/h)	HR (%)
jun	25,3	11,2	0,1	Vento predominante: SE-20 k/h Rumo mais forte: SE-36 k/h dia 21	43-30
jul	26,1	10,9	0,0	Ventos predominante: SE-20 k/h Rumo mais forte: SE-36 k/h	37-22
ago	27,8	13,1	5,8	Direção predominante: E-20 k/h Rumo mais forte: SE-46 k/h	35-20

Tabela 5. Elementos do clima referentes ao ano de 2014.

T média anual (°C)	T máxima/mês (°C)	T mínima/mês (°C)	Precipitação anual (mm)	Precipitação máxima/mês (mm)	Precipitação mínima/mês (mm)
20,5	22,5	17,5	1315,4	363,4	239,7

3.6. Dados sobre as doenças respiratórias agudas

Dados fornecidos pelo Hospital Provincial do Bié (Ministério da Saúde, 2015) revelam que não existe um programa de investigação específico para as doenças respiratórias agudas, ao contrário de outras doenças, como a malária, o tétano e a poliomielite.

Analisando os dados da tabela 6, verifica-se que a faixa etária mais afetada é a dos 0 aos 4 anos com 1921 casos, em 2014, em seguida a faixa dos 5 aos 14 anos, com 458 casos, no mesmo ano.

Tabela 6. Dados epidemiológicos das doenças respiratórias agudas na sede de Kuito, disponibilizados pelo Hospital Geral do Bié (Ministério da Saúde, 2015).

Anos	0 – 4 anos		5 – 14 anos		15 +		Total Geral	
	Casos	Óbitos	Casos	Óbitos	Casos	Óbitos	Casos	Óbitos
2009	2381	84	341	32	25	02	2747	118
2010	2358	88	195	09	82	02	2634	99
2011	1316	41	101	10	8	00	1425	51
2012	1235	47	118	10	44	05	1397	62
2013	1478	70	208	09	305	54	1991	133
2014	1921	79	458	21	447	86	2826	186
2015	205	04	86	00	20	07	311	11
Total	10894	413	1507	91	931	156	10194	463

Assim, a análise da tabela 6 mostra a maior vulnerabilidade das crianças às doenças respiratórias, pois estão mais expostas aos poluentes aéreos, permanecendo por mais tempo em ambientes externos.

Tomando como base o peso corporal, o volume de ar que passa através das vias respiratórias da criança em repouso é o dobro do dos adultos em condições semelhantes. A irritação pelos poluentes que pode produzir uma resposta débil em adultos pode resultar potencialmente em significativa obstrução na infância. Adicionalmente, como o sistema imunológico ainda não está totalmente desenvolvido,

aumenta a possibilidade de infeções respiratórias. Em relação aos adultos, os idosos são mais suscetíveis aos efeitos adversos da exposição aos poluentes atmosféricos por apresentarem um sistema imunológico menos eficiente e um progressivo declínio na função pulmonar, que pode levar à obstrução das vias aéreas e limitação aos exercícios (Arbex *et al.*, 2012).

4. METODOLOGIA

4.1. Amostragem

Neste estudo recolheram-se amostras de poeiras, identificadas pela referência K1, K2,...Kn, solos urbanos, com a referência SU, e solos regionais, com a referência SR, na área urbana e suburbana da cidade de Kuito. Na figura 6 estão indicados os locais de amostragem, com exceção dos pontos K4, localizado a norte da área da figura, e SR5 a sudeste da cidade.

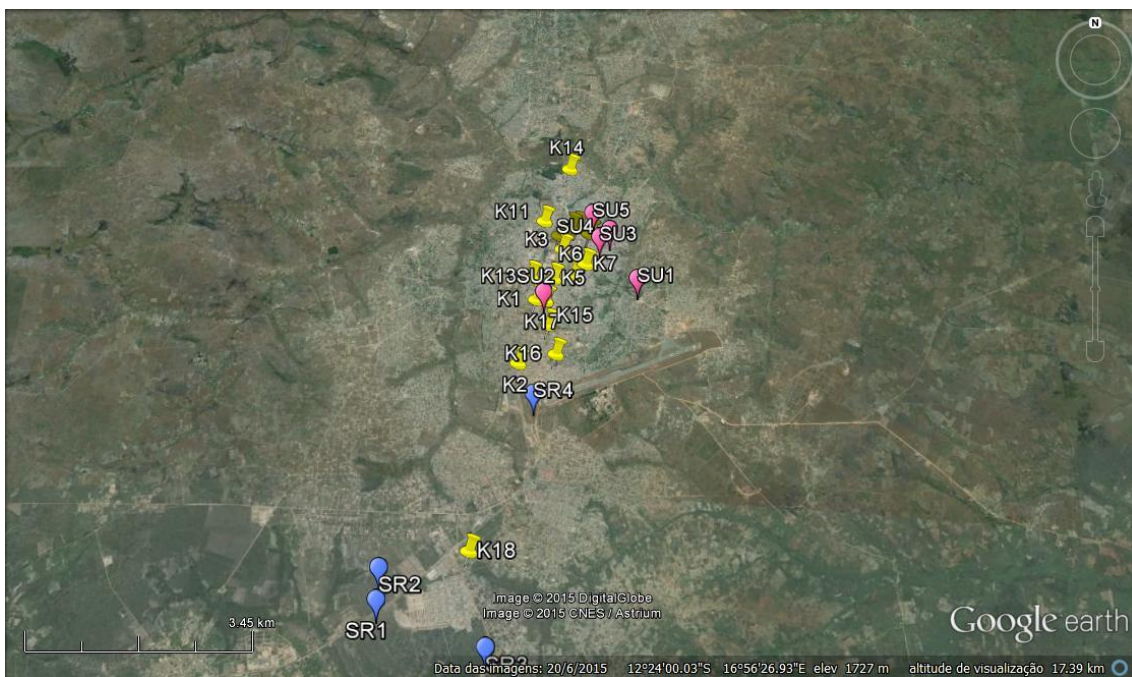


Fig. 6. Imagem do Google Earth com a representação dos locais de amostragem das poeiras (K, símbolo amarelo), solos urbanos (SU, símbolo rosa) e solos regionais (SR, símbolo azul) na cidade de Kuito.

Para a caraterização das poeiras troposféricas, acumuladas na cidade de Kuito, selecionaram-se locais de amostragem na área urbana e suburbana da cidade, como: residências, escolas, creches, edifícios comerciais e hospitais de algumas ruas com tráfego rodoviário. Na figura 7 estão indicados nove pontos de amostragem no centro da cidade.



Fig. 7. Localização de nove pontos de amostragem de poeiras no centro da cidade de Kuito (imagem do Google Earth).

Foi selecionado um ponto de amostragem (K4) numa área suburbana, não asfaltada, que dista 7 km para norte da cidade e cujas coordenadas são referidas na figura 8. Este local situa-se na proximidade da estrada internacional que liga a província de Benguela, desde Lobito ao Luena-Moxico, até à Zâmbia.



Fig. 8. Localização de um dos pontos de amostragem (K4) na comuna do Kunje, a 7 km da sede ou centro da cidade de Kuito (Latitude 12°20'04,8" e Longitude 016°56'25,7").

Da mesma forma, foram selecionadas duas áreas não asfaltadas onde foram colhidas as amostras K1 e K2, localizadas a sul da sede, ou centro da cidade, com as coordenadas Latitude 12°23'42,5", Longitude 016°56'04,4" e Latitude 12°24'18,5", Longitude 016°55',55,0", respetivamente.

Para a colheita foram utilizados dois tipos de recipientes coletores de cerâmica (Fig. 9) com as seguintes dimensões: 43x13x1,4 cm e 36x15x1,4 cm.



Fig. 9. Recipientes coletores utilizados na recolha de amostras de poeira.

Utilizaram-se os dois tipos de recipiente função da dimensão do espaço onde foram colocados.

O material recolhido foi colocado em envelopes de papel, tendo-se utilizado pincéis limpos para cada ponto de amostragem. Registaram-se as coordenadas geográficas, a altitude e a altura do ponto de amostragem relativamente ao solo. Os valores da altura variaram de 2,5 a 5 metros.

A amostragem de poeiras foi realizada em duas campanhas (época chuvosa e época seca). Assim, na primeira campanha foram recolhidas doze amostras de poeiras e na segunda dezasseis, tendo desaparecido dois recipientes coletores, nos locais K5 e K12, onde ocorreram trabalhos de reabilitação dos edifícios. Os primeiros doze pontos de amostragem são equivalentes aos da 1ª campanha, tendo sido acrescentados mais seis. A primeira campanha teve a duração de 60 dias, foi iniciada no dia 18 de fevereiro e terminou a 19 de abril de 2015. A segunda campanha realizou-se do dia 5 de junho a 4 de agosto de 2015, totalizando, de igual modo, 60 dias. A campanha de recolha de amostras foi feita durante um dia para cada época.

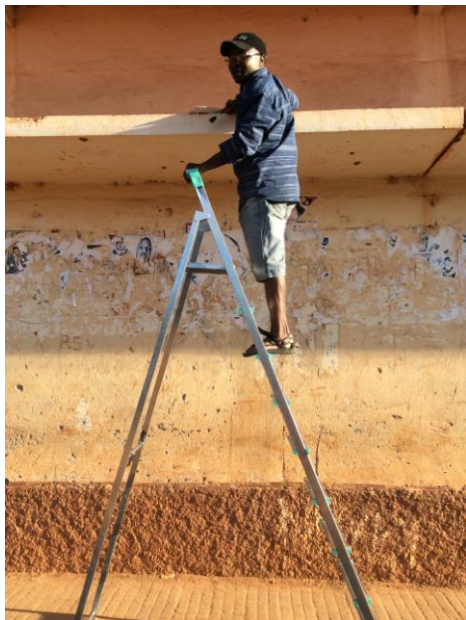
Na figura 10 estão representadas imagens de alguns pontos de amostragem (K1, K3, K4 e K10).



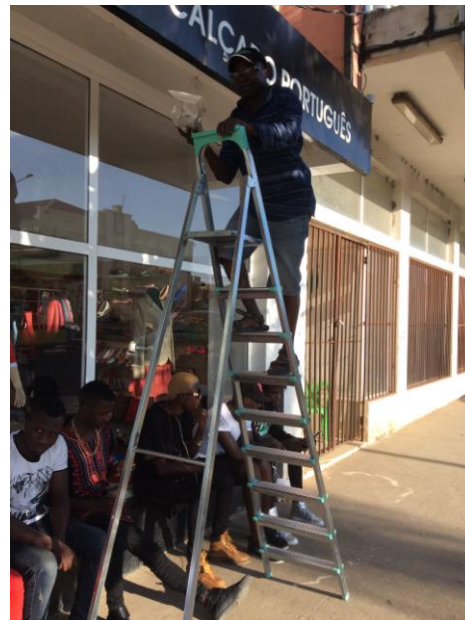
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig.10. Imagens de alguns locais de amostragem de poeiras da cidade de Kuito. (a) Determinação da altura do local de amostragem K1. (b) Local de amostragem (K3), numa escola secundária. (c) Local de amostragem (K4) numa residência particular. (d) Local de amostragem (K10) num centro comercial.

Na tabela 7 apresenta-se a lista dos locais de amostragem e a sua caraterização.

Tabela 7. Caraterização dos locais de amostragem de poeiras na cidade de Kuito, com indicação das coordenadas geográficas, altitude, altura e localização.

Pontos	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Altura (m)	Localização	Caraterização do local de amostragem
	Latitude	Longitude				
K1	12°23'42,5"	16°56'04,4"	1718	2,35	Rua Padre Fidalgo	Residência de um popular adjacente a uma estrada não asfaltada com tráfego de viaturas e pessoas.
K2	12°24'18,5"	16°55'55,0"	1726	2,50	Bairro Piloto	Residência de um popular, adjacente a uma estrada não asfaltada com tráfego de viaturas e pessoas.
K3	12°23'12,8"	16°56'19,0"	1697	3,10	Escola do 1º Ciclo nº 314	Pátio asfaltado com movimento de viaturas; pátio de diversão dos alunos durante o recreio.
K4	12°20'04,8"	16°56'25,7"	1729	2,75	Comuna do Kunje, a 7 km da sede	Residência de um popular adjacente a uma estrada não asfaltada com tráfego de viaturas e pessoas.
K5	12°23'30,3"	16°56'14,0"	1726	2,02	Rua Raimundo Serrão	Residência de um popular; local com estradas asfaltadas e muito tráfego rodoviário.
K6	12°23'28,9"	16°56'25,4"	1717	2,92	Rua Teófilo Braga	Residência em rua asfaltada com muito tráfego rodoviário; trabalhos de reabilitação urbana em edifício próximo.
K7	12°23'21,6"	16°56'32,5"	1703	3,20	Rua Silva Porto	Residência em local com estrada asfaltada e com muito tráfego rodoviário.
K8	12°23'03,4"	16°56'34,4"	1696	2,90	Rua Sagrada Esperança	Local com estrada asfaltada e com muito tráfego rodoviário, em frente de uma padaria e algumas vivendas.
K9	12°22'59,5"	16°56'27,5"	1681	3,40	Rua Miguel Bombarda	Edifício da Fadiang; estrada asfaltada com tráfego regular de viaturas.
K10	12°23'00,0"	16°56'23,8"	1704	3,30	Rua Joaquim Kapango (rua principal)	Casa comercial; muito tráfego de viaturas; estrada internacional que liga a província de Benguela ao Moxico até à Zâmbia.
K11	12°22'55,8"	16°56'08,6"	1706	2,85	Hospital Provincial	Local não asfaltado, com pouco tráfego de viaturas.
K12	12°23'04,6"	16°56'17,2"	1710	3,00	Creche Escola da Paz	Local asfaltado; pouco movimento de viaturas; pátio asfaltado para o recreio das crianças.
K13	12°23'29,1"	16°56'01,4"	1721	2,40	Rua Padre Leconte	Residência em rua não asfaltada com pouco movimento de viaturas
K14	12°22'23,2"	16°56'23,1"	1617	2,00	Bairro Popular	Residência em local adjacente a estrada asfaltada com muito tráfego.
K15	12°23'57,0"	16°56'11,6"	1734	2,10	21º Rua	Residência com pátio asfaltado.

Tabela 7 (continuação). Caraterização dos locais de amostragem de poeiras na cidade de Kuito, com indicação das coordenadas geográficas, altitude, altura e localização.

Pontos	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Altura (m)	Localização	Caraterização do local de amostragem
	Latitude	Longitude				
K16	12°24'13,4"	16°56'15,5"	1726	2,38	Bairro Sousa	Residência adjacente a estrada não asfaltada com pouco movimento rodoviário.
K17	12°23'43,0"	16°56'09,6"	1733	5,50	Bairro Piloto	Residência em local não asfaltado.
K18	12°25'56,9"	16°55'31,1"	1722	2,65	Bairro Chissindo	Residência adjacente a estrada não asfaltada com pouco movimento rodoviário.

As amostras de solos, apresentadas na figura 6, incluindo SR5, a 6 km da sede e não representada na figura, foram colhidas no dia 5 de maio de 2015. Obtiveram-se 5 amostras representativas do solo urbano (SU) e 5 amostras representativas do solo regional (SR). Na tabela 8 apresenta-se a lista dos locais de amostragem de solos e a sua caraterização.

Tabela 8. Caraterização dos locais de amostragem de solos, com indicação das coordenadas geográficas, altitude e localização.

Pontos	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Localização	Caraterização do local de amostragem
	Latitude	Longitude			
SOLOS REGIONAIS					
SR1	12°26'24,5"	16°54'47,1"	1706	Sul do Kuito	Área com vegetação e sem afloramento; área de pastagem.
SR2	12°26'09,9"	16°54'47,5"	1701	Sul do Kuito	Área com vegetação, sem afloramento.
SR3	12°26'47,2"	16°55'43,2"	1718	Sul do Kuito	Zona de mato com pouca atividade antrópica.
SR4	12°24'39,4"	16°56'05,8"	1720	Sul do Kuito	Próximo do aeroporto.
SR5	12°54'35,2"	16°57'15,9"	1712	Sudeste do Kuito	Área com trabalhos de construção civil.
SOLOS URBANOS					
SU1	12°23'34,4"	16°57'03,6"	1700	Este do Kuito	Próximo de uma lixeira.
SU2	12°23'42,5"	16°56'10,9"	1721	Oficina de motos	Área não asfaltada.
SU3	12°23'09,7"	16°56'42,3"	1693	Bairro periférico	Estrada com tráfego regular de pessoas e viaturas.
SU4	12°23'05,0"	16°56'48,1"	1683	Área com ravina	Tráfego de viaturas e pessoas.
SU5	12°22'55,4"	16°56'38,5"	1687	Serralharia	Área não asfaltada próxima de uma serralharia.

4.2. Preparação das amostras

As amostras de solo foram colhidas com uma enxada e colocadas em sacos de plástico. Posteriormente, procedeu-se ao esboroamento e crivagem (Fig. 11a), usando uma rede com uma malha de 2 mm. As amostras foram, depois, homogeneizadas (Fig. 11b) e quarteadas (Fig. 11c) para metade. Uma metade foi, novamente, homogeneizada e quarteada para obter cerca de 100 gr de amostra para análise.



(a)



(b)



(c)

Fig.11. Imagens das etapas de preparação das amostras de solos. (a) Esboroamento e crivagem. (b) Homogeneização. (c) Quarteamento.

As amostras de poeiras e de solos foram trazidas para o Laboratório Santander, do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Foi determinada a massa das amostras de poeiras com uma balança da marca Sartorius, com uma precisão de 0,1 mg (Tabela 9). As amostras de solos foram crivadas a 125 μm .

As amostras de poeira e solos foram colocadas em copos porta amostra de plástico, com anel para fixação de película fina de polipropileno, com 63,5 mm de diâmetro e 4 μm de espessura (Fig. 12), utilizados nas análises de fluorescência de raios-X e colorimetria. As amostras K9 e K12, da 1ª campanha, e K3, K6, K9, K15 e K17, da 2ª campanha, não foram usadas porque, sendo amostras com pouca massa (Tabela 9), não cobriam a base de polipropileno dos copos porta amostras.



Fig.12. Copos porta amostra com película de polipropileno.

4.3. Colorimetria

A cor ou refletância espectral das amostras foi determinada com um espectrofotómetro portátil da marca Konica-Minolta, modelo CM-700d, utilizando uma abertura com um diâmetro de 8 mm (Fig. 13a). Este equipamento mede a refletância espectral no intervalo 400 a 700 nm, com incrementos de 10 nm. Utiliza o software SpectraMagic NX, versão 2.10.

A cor das amostras é especificada em relação ao espaço de cor CIE, usando um sistema de três eixos com três coordenadas, L^* , a^* e b^* . O valor de L^* varia entre zero, que corresponde a preto, e 100 que corresponde a branco. Os eixos a^* e b^* não têm limites numéricos mas o a^* positivo corresponde a uma tendência vermelha, e o

negativo ao verde, enquanto o b^* positivo corresponde ao amarelo e o negativo ao azul (Fig. 13b).

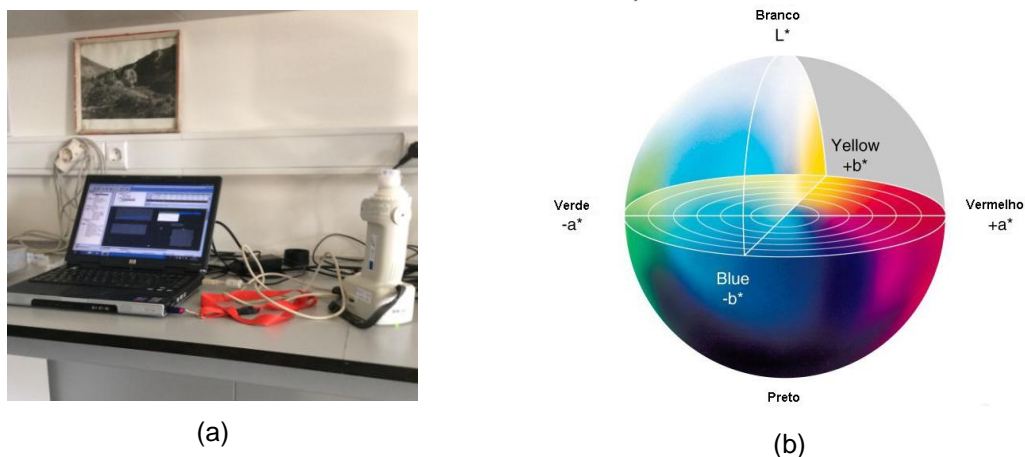


Fig. 13. (a) Espectrofotómetro portátil usado na determinação da cor das amostras de poeira e solos da cidade de Kuito. (b) Representação, em 3 eixos, do espaço de cor CIE, com indicação das coordenadas L^* , a^* e b^* (CTC, 2013).

4.4. Fluorescência de Raios X

As análises químicas das amostras foram realizadas por Fluorescência de Raios X usando um espectrómetro portátil da marca Niton, modelo XL3t Goldd+ (Fig. 14), no modo *Test All Geo*. O tempo de análise foi de 120 segundos e o diâmetro da janela de 8 mm.

Em cada amostra foram realizadas 5 incidências de Rx, e a composição da amostra é o valor médio dos 5 resultados (Tabela 11).

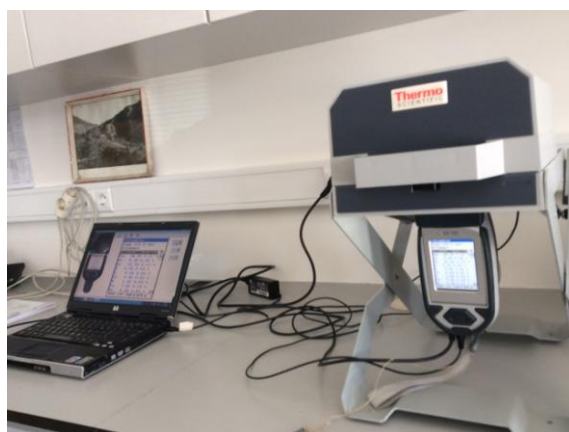


Fig. 14. Espectrómetro portátil utilizado nas análises químicas das amostras de poeiras e solos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Taxa de acumulação

Na tabela 9 são dadas as massas das amostras de poeiras para as duas campanhas de amostragem, bem como a taxa de acumulação, em mg/dia, considerando o período de acumulação de 60 dias, e na figura 15 representa-se a variação da taxa de acumulação nas duas campanhas de amostragem.

A análise da tabela 9 e do gráfico da figura 18 permite concluir que, para a maioria dos locais de amostragem, a taxa de acumulação é superior na época seca (2ª campanha) relativamente à época chuvosa (1ª campanha). No entanto, a situação inversa ocorre para os pontos K3, K6 e K10. No primeiro caso, trata-se de uma escola com pátio que foi asfaltado na zona de estacionamento de viaturas, antes da colocação dos recipientes coletores para a 2ª campanha. Nos pontos K6 e K10 o decréscimo da taxa de acumulação justifica-se com o encerramento ao trânsito das estradas contíguas aos edifícios usados para colocar os coletores.

O local de amostragem onde se observa a maior taxa de acumulação corresponde a uma zona não asfaltada próxima de uma estrada com tráfego intenso (ver Tabela 4 e Fig. 8). Outros locais com taxas de acumulação relativamente elevadas são K1, K8 e K14. O primeiro corresponde a um edifício adjacente a uma estrada não asfaltada, enquanto nos outros dois casos se destacam áreas em terra batida nas proximidades, apesar da existência de estrada asfaltada junto às residências. Alguns locais com valores baixos da taxa de acumulação correspondem a bairros periféricos, com estradas não asfaltadas, mas com pouco movimento de viaturas.

Regista-se, também, que o menor valor para a taxa de acumulação (0,04 mg/dia) observado para a amostra K17 poderá estar relacionado com a altura a que foi colocado o recipiente coletor. Enquanto a maioria dos recipientes foi colocada entre os 2 e 3 metros de altura, o recipiente do ponto K17 foi colocado a 5,5 metros de altura e, naturalmente, pode ter acumulado menos poeira remobilizada pelo tráfego.

Tabela 9. Massa das amostras de poeira e taxa de acumulação, em mg/dia, para as duas campanhas de amostragem. Na primeira campanha não foram colhidas amostras nos locais K13 a K18.

Amostras	1ª campanha (época chuvosa)		2ª campanha (época seca)	
	Massa da amostra (gr)	Taxa de acumulação (mg/dia)	Massa da amostra (gr)	Taxa de acumulação (mg/dia)
K1	0,1783	2,97	0,8347	13,91
K2	0,1515	2,53	0,1785	2,98
K3	0,3006	5,01	0,0389	0,65
K4	0,4722	7,87	1,8669	31,12
K5	0,2167	3,61	Não foi encontrada	-
K6	0,2859	4,77	0,0758	1,26
K7	0,2987	4,98	0,4915	8,19
K8	0,2701	4,50	0,5433	9,06
K9	0,0309	0,52	0,0373	0,62
K10	0,5462	9,10	0,3663	6,11
K11	0,1113	1,86	0,2838	4,73
K12	0,0516	0,86	Não foi encontrada	-
K13	-	-	0,3077	5,13
K14	-	-	0,6426	10,71
K15	-	-	0,0474	0,79
K16	-	-	0,2074	3,46
K17	-	-	0,0024	0,04
K18	-	-	0,3844	6,41

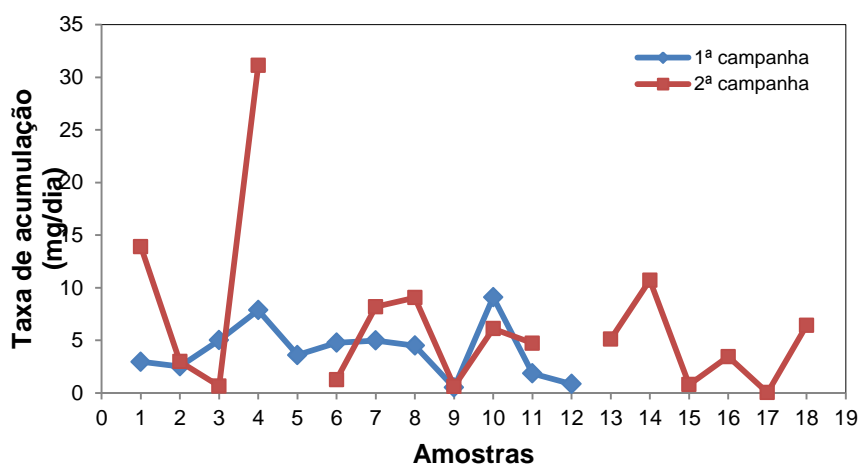


Fig. 15. Variação da taxa de acumulação de poeiras nas duas campanhas de amostragem.

5.2. Cor das amostras de poeiras e solos

Na figura 16 representam-se as curvas de refletância para comprimentos de onda na região do visível (400 a 700 nm) obtidas para as amostras de solos e poeiras da cidade de Kuito. A análise da figura permite concluir que as curvas mantêm, aproximadamente, a mesma tendência, com valores de refletância mais elevados para comprimentos de onda na região do amarelo, laranja e vermelho. Genericamente, os solos possuem refletância inferior às poeiras. Apenas os solos urbanos SU1 e SU3 registam valores de refletância idênticos aos das poeiras para comprimentos de onda mais elevados. Não se observam diferenças significativas entre as amostras de poeiras da primeira e segunda campanha. O valor máximo de refletância (40,3 %) foi registado na amostra de poeira K4, da 2ª campanha, enquanto o valor mínimo (11,8 %) corresponde à amostra de solo urbano SU5.

Na tabela 10 são apresentados os valores de L^* , a^* e b^* das amostras estudadas e na figura 17 a projeção destes valores. Os valores de L^* , a^* e b^* são positivos sendo de notar que os valores de L^* das poeiras são todos superiores a 50 enquanto os solos regionais e dois urbanos possuem valores abaixo dos 50. Os solos urbanos SU1, SU3 e SU4 possuem valores de L^* superiores a 50. Assim, a figura 17 indica que a cor das

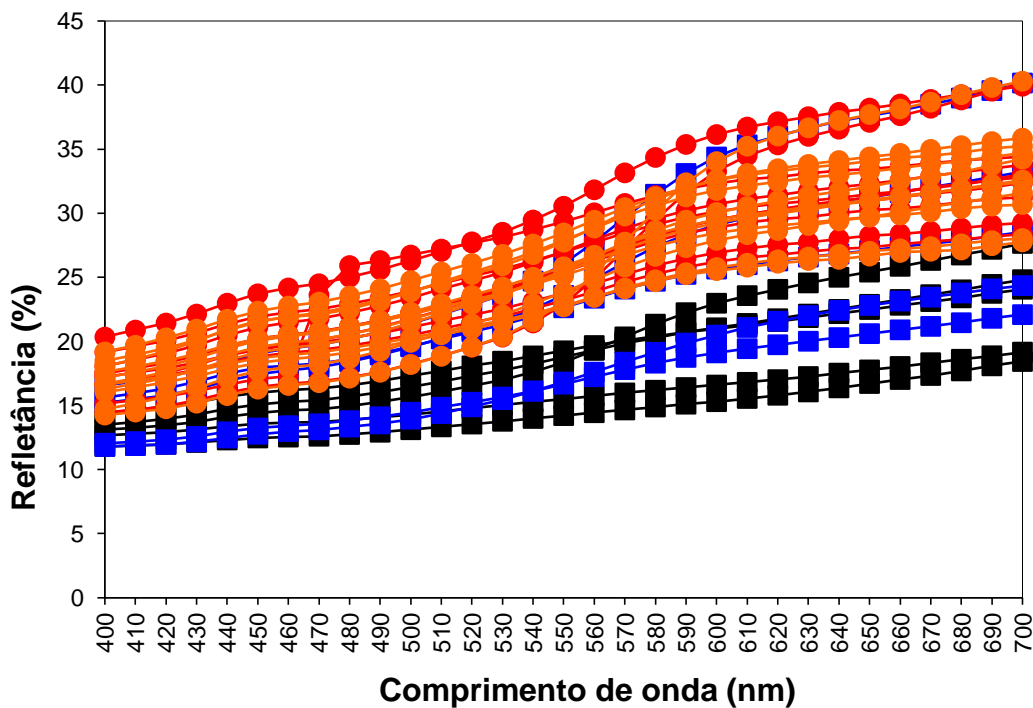


Fig. 16. Curvas de refletância, no intervalo 400 a 700 nm, das amostras de solos (■ - solo regional, ■ - solo urbano) e poeiras (● - 1ª campanha, ● - 2ª campanha) da área de estudo.

Tabela 10. Valores de L*, a* e b* obtidos nas amostras de solos e poeiras da área de estudo.

Amostras	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)
SR1	46,34	1,84	4,84
SR2	44,61	2,12	4,67
SR3	50,50	3,31	8,34
SR4	50,76	6,59	10,33
SR5	50,98	2,34	7,03
SU1	56,23	6,34	12,94
SU2	48,02	3,73	8,50
SU3	59,26	8,87	14,78
SU4	54,76	3,54	9,48
SU5	48,48	5,97	10,48
K1-1 ^a camp	59,07	3,66	10,56
K2-1 ^a camp	57,70	4,23	11,30
K3-1 ^a camp	59,03	3,04	8,97
K4-1 ^a camp	56,90	11,96	16,28
K5-1 ^a camp	57,88	4,00	10,29
K6-1 ^a camp	57,60	3,63	9,70
K7-1 ^a camp	61,22	2,82	7,05
K8-1 ^a camp	56,06	3,39	8,62
K10-1 ^a camp	55,41	3,34	8,65
K11-1 ^a camp	62,55	5,16	11,82
K1-2 ^a camp	57,81	4,92	12,21
K2-2 ^a camp	57,81	4,92	12,21
K4-2 ^a camp	57,20	12,35	17,15
K7-2 ^a camp	57,34	3,42	9,28
K8-2 ^a camp	54,94	3,41	8,88
K10-2 ^a camp	54,97	3,06	8,18
K11-2 ^a camp	60,24	4,77	11,36
K13-2 ^a camp	56,05	4,55	12,23
K14-2 ^a camp	60,47	3,86	10,61
K16-2 ^a camp	57,58	4,09	11,01
K18-2 ^a camp	59,81	3,80	11,13

amostras se aproxima dos tons cinzentos e amarelos. As amostras de poeira K4 (1^a e 2^a campanha) apresentam os valores mais elevados de a*, aproximando-se mais dos tons vermelhos. Os solos, principalmente os regionais, mostram cor mais escura do que as poeiras.

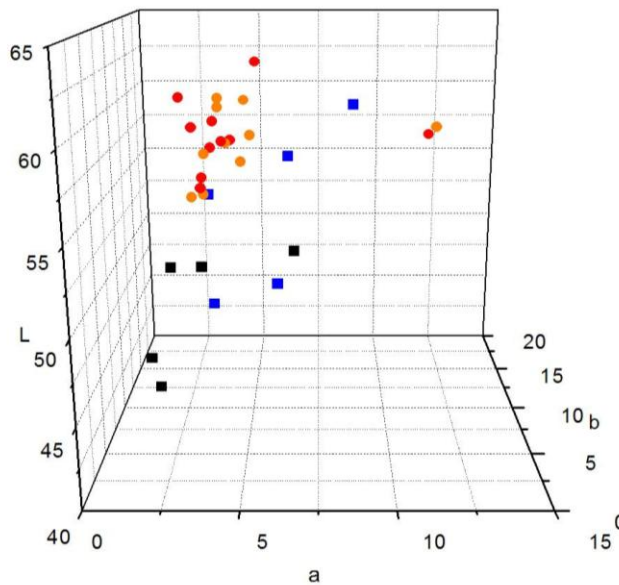


Fig. 17. Projeção dos valores de L*, a* e b* das amostras de solos (■ - solo regional, ■ - solo urbano) e poeiras (● - 1^a campanha, ● - 2^a campanha) da área de estudo.

5.3. Composição química das poeiras e solos

Nas tabelas 11a e b são apresentadas as médias e desvios-padrão dos teores dos elementos químicos analisados nas amostras de solos urbanos, solos regionais e poeiras, em ambas as colheitas, na área do Kuito.

Alguns elementos maiores geogénicos foram usados para projeção em diagramas triangulares. A projeção dos teores de Al, Si e Ca (Fig. 18a) permite definir, genericamente, dois campos distintos para os solos e poeiras. Apenas as amostras K2 e K18 saem ligeiramente fora do padrão. Assim, os teores muito baixos de Ca dos solos coloca-os mais próximos da linha Si-Al. O diagrama Al-Si-Fe (Fig. 18b) mostra, igualmente, campos distintos para os dois conjuntos de amostras, solos e poeiras. Apenas a amostra de solo urbano SU5, devido aos teores mais elevados de Fe, se afasta da mancha definida pelos solos.

Tabela 11a. Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados nas amostras de solos urbanos (SU) e solos regionais (SR).

Elementos químicos	SU1		SU2		SU3		SU4		SU5	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	29,68	0,66	27,11	0,38	26,01	0,21	23,02	0,26	20,06	3,35
Ti %	0,24	0,03	0,35	0,01	0,33	0,02	0,33	0,02	0,63	0,10
Al %	3,11	0,10	3,51	0,07	5,00	0,12	3,95	0,06	0,62	0,94
Fe %	0,98	0,17	2,01	0,02	2,59	0,08	1,45	0,02	3,62	4,07
Ca %	1,44	0,08	0,51	0,03	2,06	0,02	1,44	0,05	1,706	0,39
K %	0,39	0,04	0,38	0,03	1,05	0,02	0,45	0,01	0,52	0,10
S %	0,20	0,00	0,26	0,01	0,19	0,01	0,22	0,01	0,24	0,047
V (mg/kg)	45,07	3,27	70,05	4,75	82,16	6,45	51,39	3,49	135,56	53,80
Nb (mg/kg)	9,58	1,42	13,31	0,49	12,01	1,29	11,70	0,78	39,93	8,70
Zr (mg/kg)	779,53	91,77	1380,36	51,26	853,58	55,14	984,97	28,46	1034,13	306,28
Mo (mg/kg)	14,08	2,06	10,90	2,46	7,79	2,06	8,17	1,23	8,77	2,27
Zn (mg/kg)	134,04	5,60	272,73	16,18	168,32	6,71	137,32	5,08	668,18	152,69
Sr (mg/kg)	24,30	0,97	16,30	0,71	35,79	0,94	25,55	0,43	24,95	6,01
Rb (mg/kg)	11,77	0,53	13,50	0,47	19,55	0,87	18,56	0,71	8,49	0,77
Th (mg/kg)	6,06	0,60	8,36	1,37	9,02	3,24	7,97	1,77	<LD	<LD
Pb (mg/kg)	10,73	0,78	47,33	3,50	27,47	4,27	31,70	2,88	266,48	93,76
Cu (mg/kg)	21,42	2,57	42,69	4,52	28,35	7,27	26,42	5,86	199,37	41,61
Cr (mg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	57,28	34,16	45,40	4,50	332,36	113,04

Elementos químicos	SR1		SR2		SR3		SR4		SR5	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	20,89	0,55	20,65	1,57	23,51	0,88	20,98	0,43	24,62	0,31
Ti %	0,48	0,03	0,45	0,03	0,45	0,01	0,48	0,02	0,509	0,02
Al %	5,05	0,20	5,25	0,39	5,16	0,17	6,19	0,16	5,24	0,13
Fe %	1,97	0,10	2,06	0,12	1,52	0,06	4,75	0,11	1,22	0,03
Ca %	0,06	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,08	0,00	0,11	0,00
K %	0,07	0,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,35	0,01	0,08	0,00
S %	0,07	0,01	0,05	<LD	0,05	0,00	<LD	<LD	0,06	0,01
V (mg/kg)	98,63	8,10	103,73	7,27	92,63	10,69	177,48	14,96	78,19	12,07
Nb (mg/kg)	11,21	0,59	11,92	0,89	12,97	0,77	11,51	1,03	14,16	0,29
Zr (mg/kg)	698,66	56,52	759,92	51,19	1166,35	93,48	499,64	24,26	1067,35	28,92
Mo (mg/kg)	8,40	1,65	10,03	1,91	12,00	1,52	7,20	1,11	8,48	1,71
Zn (mg/kg)	9,39	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	22,19	2,96	8,38	0,37
Sr (mg/kg)	5,53	0,24	4,68	0,88	7,92	0,86	10,83	0,90	7,44	0,74
Rb (mg/kg)	3,23	0,36	2,56	0,47	2,69	0,58	17,53	0,76	4,71	0,39
Th (mg/kg)	9,27	0,91	7,86	1,54	8,07	1,43	11,47	0,84	8,26	1,62
Pb (mg/kg)	15,35	2,88	18,81	2,59	15,15	2,30	25,83	1,47	7,98	0,45
Cu (mg/kg)	31,95	<LD	17,70	<LD	23,44	6,80	35,54	3,30	17,70	1,72
Cr (mg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	170,05	51,96	<LD	<LD

<LD – inferior ao limite de deteção

Tabela 11b. Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados nas amostras de poeiras na primeira campanha (K-1camp) e segunda campanha de amostragem (K-2camp).

Elementos químicos	K1-1camp		K2-1 camp		K3-1camp		K4-1camp		K5-1camp	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	41,95	4,09	26,26	0,02	34,98	18,89	33,25	4,19	36,90	3,29
Ti %	1,11	0,44	0,80	0,68	1,03	0,80	0,76	0,16	1,07	0,33
Al %	10,56	2,61	8,91	7,16	9,73	6,23	10,84	2,64	8,85	1,59
Fe %	7,70	1,56	5,61	5,10	7,36	4,64	12,08	2,44	7,85	1,27
Ca %	10,58	2,35	6,72	4,90	9,99	6,02	1,50	0,29	12,75	2,16
K %	3,17	0,63	1,87	1,27	3,52	0,79	0,92	0,16	2,50	0,33
S%	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,017	0,04	0,01	0,01	0,00
V (mg/kg)	181,00	171,94	291,91	255,54	334,10	255,15	501,20	120,05	121,34	11,37
Nb (mg/kg)	25,57	3,90	21,13	13,53	25,35	10,31	27,03	2,99	23,92	5,72
Zr (mg/kg)	611,19	108,55	357,52	366,56	794,64	452,80	646,19	16,82	685,61	159,84
Mo (mg/kg)	8,77	1,88	9,88	0,99	7,56	1,37	7,94	0,88	7,50	1,56
Zn (mg/kg)	3790,66	770,70	359,03	314,92	546,63	305,10	191,27	53,19	591,12	115,50
Sr (mg/kg)	104,64	13,04	42,06	40,51	61,83	33,50	22,84	2,11	70,49	17,28
Rb (mg/kg)	41,87	5,61	22,55	21,96	49,05	2,02	20,64	0,86	32,13	6,69
Th (mg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Pb (mg/kg)	85,67	15,54	75,47	46,37	78,25	11,35	55,24	5,07	108,88	23,22
Cu (mg/kg)	150,92	61,45	120,54	56,14	202,85	155,49	62,52	20,15	121,10	52,02
Cr (mg/kg)	142,54	109,40	247,24	176,72	241,58	170,24	385,48	83,27	109,64	15,26

Elementos químicos	K6-1camp		K7-1camp		K8-1camp		K10-1camp		K11-1camp	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	38,56	5,81	30,12	3,40	37,13	4,17	29,98	3,80	50,95	8,88
Ti %	0,92	0,55	0,47	0,01	0,59	0,33	0,41	0,02	1,29	0,49
Al %	10,69	4,01	6,68	1,24	8,56	2,189	5,25	1,20	14,80	5,00
Fe %	8,12	2,41	7,00	1,26	7,31	1,57	4,99	1,13	7,95	2,40
Ca %	8,33	2,41	7,85	1,24	6,57	1,413	6,03	1,17	6,20	1,92
K %	3,05	0,79	2,63	0,40	3,28	0,59	1,97	0,38	4,75	1,41
S %	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,002	0,01	0,00	0,01	0,01
V (mg/kg)	278,34	209,34	124,67	7,50	125,44	6,21	112,16	14,09	197,99	175,01
Nb (mg/kg)	29,44	3,27	24,49	5,91	25,80	4,25	21,74	2,17	19,48	6,95
Zr (mg/kg)	889,69	69,41	602,69	141,67	639,24	44,08	863,64	76,01	539,02	158,46
Mo (mg/kg)	6,04	< LD	7,77	2,19	8,53	2,69	9,36	3,39	7,47	< LD
Zn (mg/kg)	770,28	228,01	1070,12	216,83	793,05	171,04	463,42	112,07	391,91	131,85
Sr (mg/kg)	81,72	9,78	83,22	18,97	98,54	11,16	84,69	13,09	36,64	12,99
Rb (mg/kg)	47,01	6,88	44,70	8,96	55,72	6,08	36,39	4,40	39,08	12,92
Th (mg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	18,96	1,03	<LD	<LD
Pb (mg/kg)	112,19	19,03	102,86	24,05	98,66	13,84	74,13	7,45	38,46	12,83
Cu (mg/kg)	180,04	118,36	104,13	35,43	99,40	46,24	87,34	45,83	128,92	66,91
Cr (mg/kg)	182,17	159,29	99,28	29,24	83,05	26,28	101,05	30,25	144,06	67,12

Elementos químicos	K1-2camp		K2-2camp		K4-2camp		K7-2camp		K8-2camp	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	21,03	0,40	32,26	6,12	25,39	0,27	24,62	5,58	24,99	6,83
Ti %	0,41	0,02	1,20	0,53	0,48	0,01	0,46	0,015	0,44	0,04
Al %	5,11	0,17	17,86	6,97	5,56	0,12	7,51	2,44	6,34	2,53
Fe %	3,56	0,10	8,27	2,71	6,98	0,02	5,11	1,66	4,80	1,68
Ca %	7,25	0,14	8,42	2,55	0,72	0,02	7,40	2,17	6,17	1,90
K %	1,62	0,04	1,85	0,52	0,49	0,01	1,94	0,31	1,95	0,39
S %	0,64	0,02	0,59	0,28	0,10	0,09	0,82	0,22	0,85	0,26
V (mg/kg)	101,26	10,46	296,79	239,55	233,29	13,35	111,34	15,39	103,29	11,33
Nb (mg/kg)	29,53	1,70	21,84	9,86	18,51	8,06	35,66	7,29	37,96	4,09
Zr (mg/kg)	572,81	41,31	446,20	202,38	676,99	5,12	456,24	158,16	472,40	130,47
Mo (mg/kg)	12,16	3,33	6,85	1,81	9,63	1,45	7,19	1,29	6,25	2,10
Zn (mg/kg)	716,26	15,84	406,75	147,66	84,08	5,78	665,61	238,66	530,45	205,86
Sr (mg/kg)	161,74	8,50	55,49	24,28	20,81	0,73	81,66	26,61	79,04	20,36
Rb (mg/kg)	29,53	1,70	21,84	9,86	18,51	8,06	35,66	7,29	37,96	4,09
Th (mg/kg)	16,53	2,22	<LD	<LD	19,74	3,53	4,36	<LD	5,66	<LD
Pb (mg/kg)	99,12	13,17	83,97	41,07	37,78	3,75	144,61	57,53	99,43	40,19
Cu (mg/kg)	47,76	6,97	130,02	104,96	24,62	3,90	72,91	27,79	76,84	39,90
Cr (mg/kg)	109,42	16,66	182,38	154,91	222,05	12,65	131,25	62,12	86,60	49,14

Tabela 11b (continuação). Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados nas amostras de poeiras na primeira campanha (K-1camp) e segunda campanha de amostragem (K-2camp).

Elementos químicos	K10-2camp		K11-2camp		K13-2camp		K14-2camp		K16-2camp		K18-2camp	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Si %	31,44	1,84	38,45	5,08	35,68	1,88	19,90	4,05	33,89	4,58	31,44	1,80
Ti %	0,45	0,03	0,54	0,23	0,43	0,02	0,264	0,02	0,97	0,26	1,03	0,20
Al %	7,07	0,41	9,48	2,50	7,45	0,82	3,66	1,02	12,13	2,79	17,51	1,89
Fe %	5,188	0,58	5,88	1,39	4,77	0,39	2,81	0,75	7,06	1,46	7,52	0,71
Ca %	6,27	0,25	5,43	1,07	4,68	0,38	4,85	1,01	8,67	1,66	2,41	0,22
K %	1,92	0,08	2,52	0,48	1,71	0,12	2,25	0,46	2,15	0,40	1,43	0,11
S %	0,854	0,05	0,59	0,11	0,52	0,04	0,31	0,06	0,91	0,18	0,27	0,04
V (mg/kg)	103,74	18,50	116,49	10,87	81,36	10,36	76,39	20,40	129,68	8,16	197,87	14,03
Nb (mg/kg)	31,25	8,36	35,93	12,18	23,00	2,63	25,06	10,62	29,83	7,12	27,74	4,77
Zr (mg/kg)	624,41	182,69	601,02	201,46	733,15	72,62	265,87	103,19	739,17	120,09	566,51	98,29
Mo (mg/kg)	7,33	1,51	9,07	<LD	8,57	<LD	6,43	1,19	5,85	0,19	7,60	1,84
Zn (mg/kg)	464,76	82,62	357,09	112,61	351,81	20,67	123,57	34,28	410,60	106,60	272,53	35,58
Sr (mg/kg)	67,86	20,07	53,48	19,58	42,29	4,45	99,38	24,22	78,62	9,31	42,41	6,95
Rb (mg/kg)	31,25	8,36	35,93	12,18	23,00	2,63	25,06	10,62	29,83	7,12	27,74	4,77
Th (mg/kg)	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	16,06	0,77	7,78	<LD	<LD	<LD
Pb (mg/kg)	82,72	24,03	63,16	25,01	49,96	5,71	37,78	19,24	73,56	19,84	65,91	11,65
Cu (mg/kg)	98,55	34,67	85,71	9,28	40,67	3,95	20,38	4,00	88,60	21,77	140,36	21,30
Cr (mg/kg)	54,71	12,11	72,55	15,64	58,85	9,32	86,15	24,23	76,29	22,41	94,32	9,69

<LD – inferior ao limite de deteção

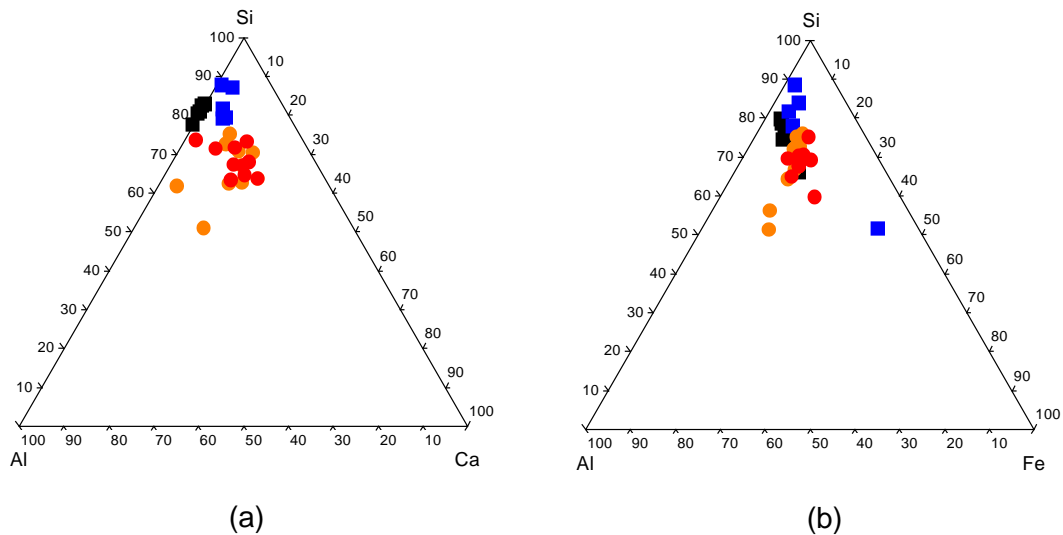


Fig. 18. Projecção das amostras nos diagramas triangulares Al-Si-Ca e Al-Si-Fe. Símbolos como na figura 17.

Salientam-se, ainda, os teores de Zr, variando de 499,64 mg/kg a 1380,36 mg/kg, nos solos, e entre 265,87 mg/kg e 739,17 mg/kg, nas amostras de poeira, o que está de acordo com a presença de zircão nas litologias aflorantes na região do Kuito, em partículas na Formação das “Areias Ocreas” do Grupo Kalahari.

Registam-se, igualmente, os teores de Zn das poeiras, no intervalo 84,08 - 3790,66 mg/kg, e nos solos urbanos, de 134,04 a 668,18 mg/kg, bem diferentes dos observados nos solos regionais, com valores de 2,96 a 22,19 mg/kg. Estes valores

poderão indicar contribuição antrópica do Zn associada ao tráfego automóvel, em especial o desgaste de pneus (Reiman & Caritat, 1998)

Relativamente ao Pb, destaca-se o teor mais elevado (266,48 mg/kg) para a amostra SU5 colhida próximo de uma serralharia onde se realizam trabalhos de soldagem e onde existem geradores a gasolina com chumbo. Esta amostra apresenta também os teores mais altos de Cr (332,35 mg/kg) As amostras de poeira têm, no geral, valores mais elevados de Pb, variando entre 37,78 e 144,61 mg/kg. Nos solos urbanos os teores variam de 10,73 a 47,33 mg/kg, se excluirmos a amostra SU5. Nos solos regionais observam-se teores variáveis no intervalo 7,98-25,83 mg/kg. Estes resultados parecem mostrar contribuição antrópica do chumbo nos solos urbanos e poeiras, considerando que na região ainda se utiliza combustíveis com chumbo. O Cr tem também um comportamento similar podendo relacionar-se com a combustão dos derivados de petróleo.

5.4. Comparação da composição química das amostras

Na tabela 12 são apresentadas as médias e desvios-padrão dos teores dos elementos químicos analisados nas poeiras, em ambas as colheitas, nos solos regionais e nos solos urbanos, na área do Kuito.

Para comparar a composição química das amostras estudadas e verificar se as diferenças são estatisticamente significativas, para um nível de significância de 0,05, foi aplicado o teste t-Student. Valores do teste acima de 0,05 indicam que a hipótese nula (H_0) se verifica. Pelo contrário, valores abaixo de 0,05 indicam que a hipótese nula não se verifica e que as médias são significativamente distintas para um grau de confiança de 95%. Este teste só deve ser aplicado numa população que tenha uma distribuição normal de valores. O teste foi aplicado às amostras estudadas considerando que os valores das variáveis geoquímicas seguem uma lei de distribuição normal.

Fez-se a comparação entre os valores dos elementos químicos analisados nos solos regionais e os das poeiras, considerando, nestas últimas, o conjunto de dados obtidos nas duas campanhas:

$H_0: \mu_{\text{solos regionais}} = \mu_{\text{poeiras}}$ vs $H_1: \mu_{\text{solos regionais}} \neq \mu_{\text{poeiras}}$.

Como se pode ver na tabela 13, os resultados do teste-t, para um nível de confiança de 95%, mostram que os solos regionais apresentam teores para todos os elementos distintos dos determinados nas poeiras das duas campanhas.

Seguidamente, aplicou-se o teste t-Student com o objetivo de verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de solos urbanos e de poeiras:

Ho: $\mu_{\text{solos urbanos}} = \mu_{\text{poeiras}}$ vs H1: $\mu_{\text{solos urbanos}} \neq \mu_{\text{poeiras}}$.

Tabela 12. Média e desvio padrão (dp) dos teores de elementos químicos analisados, em mg/kg (exceto Si, Ti, Al, Fe, Ca, K e S, em %) nas amostras de solos e poeiras da área de estudo.

	Solos regionais		Solos urbanos		Poeiras (1ª camp)		Poeiras (2ª camp)	
	media	dp	media	dp	media	dp	media	dp
Si	22,13	1,84	25,18	3,68	36,01	10,53	32,61	30,39
Ti	0,47	0,03	0,38	0,14	0,85	0,50	0,62	0,36
Al	5,38	0,47	3,84	0,76	9,49	4,34	8,91	5,29
Fe	2,30	1,29	4,53	5,93	7,60	3,05	5,68	2,04
Ca	0,06	0,03	1,43	0,55	7,65	3,95	5,70	2,65
K	0,12	0,12	0,56	0,26	2,69	1,28	1,82	0,59
S	0,03	0,03	0,22	0,03	1,12	1,34	0,59	0,29
V	110,13	36,85	76,85	39,70	214,29	183,72	143,35	100,71
Nb	12,35	1,30	17,31	12,17	24,39	6,77	21,49	7,30
Zr	838,38	255,44	1006,51	251,26	662,94	241,83	558,27	183,68
Mo	8,65	3,36	9,59	3,60	5,53	4,31	6,17	3,90
Zn	<LD	-	235,73	211,69	896,75	1042,24	397,92	215,46
Sr	7,28	2,29	25,38	6,82	68,67	32,00	70,58	38,90
Rb	6,04	5,97	14,37	4,29	37,93	14,81	28,76	9,35
Th	8,99	1,81	6,28	3,75	0,76	3,76	4,34	7,55
Pb	15,67	7,94	75,89	105,43	78,40	34,46	76,09	39,45
Cu	14,03	15,08	58,89	75,11	118,06	80,90	73,78	55,37
Cr	34,01	72,59	83,38	137,98	158,89	129,29	99,15	78,21

<LD – inferior ao limite de deteção

Os valores obtidos no teste são dados na tabela 13. Também aqui se verificou que os solos urbanos apresentam teores, da maioria dos elementos, distintos dos determinados nas poeiras das duas campanhas. Apenas os elementos Pb, Fe e Cr mostram valores idênticos das médias. Provavelmente, representam elementos químicos com contribuição antrópica, sobretudo relacionados com o tráfego rodoviário,

mas também com a construção civil, no caso do ferro. O ferro, de acordo com a geologia da região, será também um elemento geogénico.

Tabela 13. Resultados do teste t-Student para duas variâncias desiguais com o nível de significância <0,05. SR-solos regionais; SU-solos urbanos; P-poeiras; P1-poeiras (1ª campanha); P2-poeiras (2ª campanha).

	SR / P	SU / P	P1 / P2	SR / SU
Si	0,0000	0,0002	0,4314	0,0007
Ti	0,0000	0,0000	0,0080	0,0024
Al	0,0000	0,0000	0,5372	0,0000
Fe	0,0000	0,1039	0,0003	0,0778
Ca	0,0000	0,0000	0,0041	0,0000
K	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
V	0,0001	0,0000	0,0176	0,0035
Nb	0,0000	0,0372	0,0349	0,0541
Zr	0,0002	0,0000	0,0144	0,0231
Mo	0,0009	0,0001	0,4290	0,3423
Zn	-	-	0,0016	-
Sr	0,0000	0,0000	0,7813	0,0000
Rb	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000
Th	0,0000	0,0004	0,0022	0,0026
Pb	0,0000	0,9527	0,7475	0,0088
Cu	0,0000	0,0385	0,0016	0,0070
Cr	0,0000	0,1491	0,0057	0,1221

O teste t-Student foi ainda aplicado com o objetivo de verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de poeiras das duas colheitas:

Ho: $\mu_{poeiras1} = \mu_{poeiras2}$ vs H1: $\mu_{poeiras1} \neq \mu_{poeiras2}$.

Verificou-se, pelo teste-t, que as poeiras mostram diferenças significativas na sua composição com a sazonalidade, ao nível de significância 0,05, para a maioria dos elementos analisados (Tabela 13). As médias são semelhantes apenas para Mo, Sr, Pb, Al e Si. Os dois últimos elementos, sendo geogénicos, são os constituintes principais das poeiras.

Por último, aplicou-se o teste t-Student (t-test) com o objetivo de verificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de solos regionais e solos urbanos.

HO: $\mu_{\text{solos regionais}} = \mu_{\text{solos urbanos}}$ vs H1: $\mu_{\text{solos regionais}} \neq \mu_{\text{solos urbanos}}$

Verificou-se, pelo teste-t, que os solos analisados mostram diferenças significativas na sua composição com o local de colheita. Os valores calculados para a maior parte dos elementos químicos analisados são inferiores a 0,05 (Tabela 13). Contudo, os elementos Mo, Cr e Nb apresentam valores iguais. Destes elementos o Nb é geogénico, enquanto os outros podem ter contribuição antrópica (Reiman & Caritat, 1998).

6. CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos delineados no primeiro capítulo deste trabalho, apresentamos as seguintes conclusões:

- As taxas de acumulação de poeiras, em mg/dia, são, genericamente, mais elevadas na época seca e em locais próximos de estradas não asfaltadas ou de áreas sem edifícios ou vegetação. O valor máximo de 31,12 mg/dia foi registado numa área suburbana, não asfaltada, próxima de uma estrada principal com muito tráfego.
- Do ponto de vista da cor, as amostras de solos, sobretudo os solos regionais, são mais escuras do que as de poeiras. Todavia, as curvas de refletância mostram o mesmo padrão em todo o tipo de amostras, com valores mais elevados para comprimentos de onda na região do amarelo, laranja e vermelho. Os parâmetros L^* , a^* e b^* indicam que a cor das amostras se aproxima dos tons cinzentos e amarelos. Salienta-se o ponto de amostragem de poeiras próximo de uma estrada principal com muito tráfego, onde a cor das amostras das duas campanhas se aproxima do vermelho. Os dados colorimétricos das amostras estudadas parecem refletir a coloração das litologias aflorantes nesta região, onde dominam tons amarelos, laranjas, vermelhos e castanhos.
- A projeção em diagramas triangulares Al-Si-Ca e Al-Si-Fe mostra campos distintos para os solos e poeiras.
- Teores relativamente elevados de Zr nos solos, mas também nas poeiras, podem refletir a presença de zircão nas unidades líticas aflorantes na região, em especial na Formação das “Areias Ocre”, do Grupo Kalahari.
- Teores de Zn, Pb e Cr mais elevados nas poeiras, relativamente aos solos, sobretudo nos solos regionais, parecem indicar contribuição antrópica destes elementos, provavelmente relacionada com o tráfego automóvel.
- A comparação da composição química das amostras de solos e de poeiras permitiu concluir que os solos regionais são distintos das poeiras, enquanto nos solos urbanos os elementos Pb, Fe e Cr mostram teores idênticos aos das poeiras. Estes elementos parecem representar contribuição antrópica, apesar de o ferro ser um elemento geogénico, abundante nas unidades líticas aflorantes, especialmente nas laterites. No entanto, o Fe também é um produto da combustão no motor dos veículos automóveis e particularmente utilizado na construção civil.

- A comparação da composição química das poeiras das duas companhias revelou diferenças significativas com a sazonalidade para a maioria dos elementos, exceto para Mo, Sr, Pb, Al e Si. Estes elementos, com exceção do Pb e Mo, parecem representar contribuição natural. Si e Al são os constituintes geogénicos principais das poeiras.
- Os solos regionais e urbanos mostram, também, diferenças significativas na sua composição. Apenas os elementos Mo, Cr e Nb apresentam médias iguais.
- Os resultados deste estudo permitem indicar como possíveis fontes de partículas atmosféricas, na cidade de Kuito, as unidades líticas da região, os solos e o tráfego rodoviário.

7. BIBLIOGRAFIA

- Arbex, A. M, Santos, U. P., Martins, L. C., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A. & Braga, A. L. F. (2012). *A poluição do ar e o sistema respiratório*. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 38, 5. Acedido em 11/12/2015, em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132012000500015&script=sci_arttext.
- Araújo, A. G. & Guimarães, F. (coord.) (1992). *Geologia de Angola. Notícia explicativa da carta geológica à escala 1:1 000 000*. Serviço Geológico de Angola, Luanda, 136p.
- Assunção, J. V. (1998). *Poluição atmosférica*. In E. G. Castellano (Ed.), *Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias*. Academia de Ciências do Estado de São Paulo, São Paulo, 271- 308.
- Calvo, A. I., Alves, C., Castro, A., Pont, V., Vicente & A. M., Fraile, R. (2013). *Research on aerosol sources and chemical composition: Past, current and emerging issues*. *Atmospheric Research*, 120-121, 1-28.
- Carvalho, H. (1980). *Geologia de Angola (Folha nº 3), à escala 1:1 000 000*. Laboratório Nacional de Investigação Científica.
- Censo (2014). *Resultados preliminares do recenseamento geral da população e habitação de Angola*. Província do Bié. Instituto Nacional de Estatística, Luanda, 27p.
- CTC (2013). *CIE L*A*B* Colorspace*. Acedido em 02/02/2015, em <http://www.chinataixue.com/en/colorspace.asp>.
- Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro. D.R. n.º 186, Série I. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Derbyshire, E. (2005). *Natural aerosolic mineral dusts and human health*. In O. Selinus (Ed), *Essentials of Medical Geology. Impacts of the natural environment on public health* (pp. 459-480). Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Dinis, A. C. (1989). *Bacias hidrográficas do Noroeste angolano. Recursos em terras com aptidão para o regadio*. Ministério do Plano, Rep. Popular de Angola, Luanda.
- FAS (sd). *Bié*. Acedido em 10/12/2015, em <http://www.fas-angola.org/fas>.

- Ferreira, L. E. D., Cavundule, J., Samoma, F., Chissuli, A., Chissiningui, I., Chivango, F., Samba, C., Trosso, P., Domingos, Fernandes, E. Fernandes, J., Massuanganhe, I. J., Pinocas, S., Conde, A. & Domingos, G. (2012). *Perfil do Município do Kuito*. República de Angola, Província de Bié, Kuito, 71p.
- Fromme, H., Twardella, D., Dietrich, S., Heitmann, D., Schierl, R. Liebl, B. & Ruden, H. (2007). *Particulate matter in the indoor air of classrooms- Exploratory results from Munich and surrounding area*. Atmospheric Environment, 41, 854-866.
- Ginoux, P., Garbuzov, D. & Hsu, N.C. (2010). *Identification of anthropogenic and natural dust sources using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Deep Blue level 2 data*. J. Geophys. Res. 115, D05204.
- Godish, T. (1991). *Air Quality*. Lewis Publishers, Chelsea.
- Gomes, C. R., Dinis, A. M., Rocha, A. F., Gomes, E. M. C. & Neves, L. F. (2008). *Magnetic properties and size of microscopic pollutant particles in the urban area of Coimbra*. Microsc. Microanal. 14 (supp 3), 144-145.
- González, A. D. & Francisco, K. (1982). *Atlas Geográfico*. Volume 1. Ministério da Educação da República de Angola, Estocolmo, 49p.
- Ho, B. Q. (2012). *Urban air pollution*. In M. Khare (Ed.), Air pollution – monitoring, modelling and health. Intechopen.com, Rijeka, 1-38.
- Ministério da Saúde (2015). *Dados estatísticos*. Doenças respiratórias agudas. Hospital provincial do Kuito-Bié.
- Reiman, C. & Caritat, P. (1998). *Chemical elements in the environment: factsheets for the geochemist and environment scientist*. Springer-Verlag, Berlin, 397p.
- República de Angola. (Julho 2006). *Atualização do perfil ambiental*. Angola.
- Sant'Ovaia, H., Lacerda, M. J. & Gomes, C. (2012). *Particle pollution – An environmental magnetism study using biocollectors located in northern Portugal*. Atmospheric Environment, 61, 340-349.
- Santos, M. N. M. S. B (2008). *Composição química e estrutura da atmosfera terrestre*. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 26p. Acedido em 05/08/2015, disponível em http://web.ist.utl.pt/berberan/PF/folhas%20trabalhos%20%20exercicios/Est_rutura%20e%20composicao%20da%20atmosfera.pdf.
- Soma, T. E. (sd). *O Território*. Material de apoio ao ensino da Geografia. Instituto Superior de Ciências de Educação, Kuito, 83p.

- Spurny, K. R. (1998). Methods of Aerosol Measurement before the 1960s. *Aerosol Sci. Technol.*, 29, 329-349.
- Soltner, D. (1986). *Les bases de la production végétale*. Tome I Le sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles, Angers, 464p.
- WHO (2006). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Global update 2005. Summary of risk assessment. Who Press, Geneve, 484pp.
- WHO (2014). *Ambient (outdoor) air quality and health*. Fact sheet nº 313. Acedido em 29/07/2015, em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>.
- Weatherbase (2015). Kuito, Angola. Acedido em 20/11/2015, em <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=663250&cityname=Kuito-Angola>.
- Zwozdzia, A., Sówka, B., Krupinska, B., Zwozdzia, J. & Nych, A. (2013). *Infiltration or indoor sources as determinants of the elemental composition of particulate matter inside a school in Wrocław, Poland?* *Building and Environment*, 66, 173-180.