



Modelo exponencial para tendência de crescimento da população: Aplicação nas projecções da população de 2020–2030, Angola, Moçambique, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe e Namíbia

Nelson Cândido, João Hebo e Sandra Oliveira

Sem vinculação institucional

ORCID:0009-0003-5886-9526

inefavel48@hotmail.com;

ORCID:0009-0000-8694-1730

joaohebo17@gmail.com

ORCID:0009-0006-0285-2217

sandramara27@hotmail.com

Resumo

A dinâmica das sociedades concentra em si, para além de outras variáveis, a evolução temporal de populações (crescimento ou decréscimo). Neste artigo, buscamos compreender a matemática por trás das projecções da população de Angola, Moçambique, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe e Namíbia, no período de 2020 a 2030. A utilização de modelos matemáticos que descrevem a evolução temporal de populações pode ser extremamente útil para a escolha de medidas preventivas e/ou de controlo. São muitas as ferramentas matemáticas disponíveis, e uma escolha adequada depende tanto do tipo de informações disponíveis quanto dos objectivos almejados. Buscando explorar conteúdos matemáticos, neste trabalho procuramos introduzir a aplicação da modelagem matemática na projecção da população de Angola, Moçambique, Cabo verde, São Tomé e Príncipe e Namíbia de 2020–2030, aplicando conceitos de exponenciais e estatísticos, tomando ($e = 2,718281828$) e como taxa de crescimento, intervalo de crescimento, variação populacional e outros. Assumimos um Intervalo de confiança de 95% e taxa de equilíbrio de 5% ($\chi \leq 5\%$), a partir da utilização de diferentes funções. Diferentes intervalos de crescimento são explorados, e as características e hipóteses básicas de cada intervalo proposto são apresentadas em função dos crescimentos anuais. Uma comparação quantitativa e qualitativa é feita para validar o modelo obtido. Os resultados comparativos indicam que, em média, as estimativas e projecções provenientes da aplicação deste modelo matemático apresentam um nível de precisão dentro de uma margem aceitável.

Palavras-chave: Modelo exponencial; Tendência de Crescimento; Projecção da População.

Abstract

The dynamics of societies concentrate on themselves, in addition to other variables, the temporal evolution of populations (growth or decrease), in this article, we seek to understand the mathematics behind the projections of the population of Angola, Mozambique, Cape Verde, São Tomé and Príncipe and Namibia, in the period from 2020 to 2030. The use of mathematical models that describe the temporal evolution of populations can be extremely useful for choosing preventive and / or control measures. There are many mathematical tools available, and an appropriate choice depends both on the type of information available and on the objectives pursued. Seeking to explore mathematical content, in this work we seek to introduce the application of mathematical modeling in the projection of the population of Angola, Mozambique, Cape Verde, São Tomé and Príncipe and Namibia from 2020–2030, applying concepts of exponentials and statistics, taking ($e = 2,718281828$) and as growth rate, growth interval, population variation and others. We assume a 95% confidence interval and an equilibrium rate of 5% ($\chi = <5\%$) based on the use of different functions. Different growth intervals are explored, and the basic characteristics and assumptions of each predicted interval are, depending on the annual growths. A quantitative and qualitative comparison is made to validate the composite model. The comparative results indicate that, on average, indicative and projectors from the application of this mathematical model incorporate a level of precision within an acceptable margin.

Keywords: Exponential model; Growth Trend; Population Projection

1. Introdução

Em estatística, intervalo de confiança (IC) é um tipo de estimativa por intervalo de um parâmetro populacional desconhecido. Introduzido na estatística por Jerzy Neyman [3] em 1937, é um intervalo observado (calculado a partir de observações) que pode variar de amostra para amostra e que, com dada frequência (nível de confiança), inclui o parâmetro de interesse real não observável.

Como os dados observados são amostras aleatórias da população, o intervalo de confiança construído a partir dos dados também é aleatório. Entretanto, o intervalo de confiança calculado a partir de uma amostra particular não inclui necessariamente o valor real do parâmetro.

O nível de confiança é a frequência com a qual o intervalo observado contém o parâmetro real de interesse quando o experimento é repetido várias vezes. Em outras palavras, o nível de confiança seria a proporção de intervalos de confiança construídos em experimentos separados da mesma população e com o mesmo procedimento que contém o parâmetro de interesse real. Em geral, refere-se ao intervalo de confiança quando as duas extremidades de estimativa intervalar são finitas. Entretanto, refere-se a limites superiores e inferiores do intervalo de confiança quando uma das extremidades é infinita.

O recenseamento da população é de periodicidade decenal em termos de realização. Para se manterem actualizadas as informações demográficas, há necessidade de projectar a população dos anos que intercalam esses períodos e outros. Os órgãos de estatística oficiais realizaram e publicam a projecção da população para diversos períodos segundo

a necessidade de cada sociedade. Nesse contexto, o objectivo deste estudo é aplicar o modelo matemático na tendência de crescimento apresentada na projecção da população. As projecções populacionais são essencialmente para a orientação de políticas públicas, instrumentos valiosos para todas as esferas de planeamento, tanto na administração pública quanto na privada. São entendidas como um valor acrescentado para planear o desenvolvimento económico, social, político e ambiental de diversos países.

1.1. Justificação

O estudo aqui proposto apresenta um modelo matemático exponencial intervalar que visa provar as estimativas da população de cinco países, nomeadamente Angola, Cabo Verde, Moçambique, Namíbia e São Tomé e Príncipe, no período de 2020 a 2030. Dos países em estudo, como é óbvio os censos foram realizados em distintos anos, com populações diferentes e com características sociodemográficas e outros factores não comparáveis, mas o centro dessa abordagem é a aplicação do modelo observando as suas projecções nos anos de 2020 a 2030.

O Recenseamento Geral da População de cada país é um importante instrumento para caracterização e dimensionamento da população, gerando uma base robusta para estudos demográficos, sociais e outros. Os recenseamentos populacionais têm a periodicidade decenal em termos de realização. Para se manterem actualizadas as bases neste período, há necessidade de projectar a população dos anos que intercalam esses períodos e outros. Os órgãos de estatística oficiais realizaram e publicam a projecção da população para diversos períodos segundo a necessidade de cada sociedade. Nesse contexto, o objectivo deste estudo é aplicar o modelo matemático à tendência de crescimento apresentada na projecção da população.

1.2. Metodologia

Uma forma de entendimento da dinâmica populacional é considerar que as populações interagem para persistir e que para tal necessitam de aumentar. A proposta de utilização da matemática para descrever o crescimento de uma população humana começou com o economista inglês T. R. Malthus [1]. Seu modelo assume que o crescimento de uma população é proporcional à população em cada instante, e desta forma a população humana deveria crescer sem nenhuma inibição. O modelo de Malthus propõe um crescimento de vida otimizada, sem fome, guerra, epidemia ou qualquer catástrofe, onde todos os indivíduos são idênticos, com o mesmo comportamento. O modelo de Malthus se baseia numa equação diferencial muito simples, mesmo para época em que foi formulado.

Avaliando as projecções da população de Angola, Moçambique, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe e Namíbia, desenvolveu-se o modelo exponencial intervalar aplicado nas projecções de 2020 a 2030. Este estudo traz a compreensão da projecção da população aplicadndo o modelo exponencial intervalar, que define um intervalo de confiança de 95% e um nível de significância de 5%.

2. Formulação do modelo e teste de hipótese

Se observamos os valores da projecção da população em 2020–2030, verificamos que as taxas de crescimento relativo tendem a diminuir com o tempo. Para os países no estudo no período de 2020 a 2030, a taxa de crescimento populacional encontra-se no intervalo de 1,6% a 3,2%. Segundo o matemático belga Pierre F. Verhurst [2], “uma população, vivendo num determinado meio, deverá crescer até um limite máximo sustentável, isto é, ela tende a se estabilizar”, gerando uma queda de crescimento da população que deve estar sujeita a um factor inibidor de proporcionalidade, considerando a taxa de crescimento relativa decrescente em relação à população, em cada instante.

O modelo exponencial intervalar gera um intervalo de confiança de 95% para a projecção da população numa base de $e=2.718281828$, e⁶

$$N = k * \gamma * e^6 \quad (1)$$

$$\gamma \in [\Delta_k; \Delta_{k+\delta}]$$

$$\Delta_k, \Delta_{k+\delta} > 0$$

Onde:

N: População projectada para o ano n+1;

K = constante, tomamos $k = 10^4$

$e = 2,718281828$

Δ_k : limite inferior do intervalo de projecção da população

$\Delta_{k+\delta}$: limite superior do intervalo da projecção da população

A população projectada de um determinado ano n para um dado ano n+1 terá um nível de confiança de 95% (I.C), assumindo os limites inferiores e superiores em:

$$N_i = \Delta_k * \gamma * e^6 \quad \text{e} \quad N_f = \Delta_{k+\delta} * \gamma * e^6, \text{ ademais}$$

$$N_i < N < N_s, \text{ o que implica que } \Delta_k < k < \Delta_{k+\delta}$$

No modelo exponencial adoptado nesse estudo, que denominamos modelo exponencial intervalar, a hipótese básica é que a população cresce sem qualquer restrição, dentro de um intervalo, definindo um parâmetro N, dentro deste intervalo, que é necessariamente a população projectada do ano n para o ano n+1, não admitindo factores que regulam seu crescimento, tais como: epidemias, guerras, fome, entre outros. Supõe-se que o número total de indivíduos varia com o tempo, dependendo da quantidade presente em cada instante. Admitindo-se que o intervalo de crescimento é contínuo, condição necessária para que a taxa de crescimento seja contínua, o modelo exponencial intervalar é descrito pela equação (1).

3. Validação do Modelo

Para este estudo, analisou-se a projecção de 2020 a 2030, dos seguintes países: Angola, Moçambique, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe e Namíbia. Tendo em consideração o tamanho da população, cada país apresenta o seu intervalo de crescimento, que será apresentado caso a caso:

Para o caso de Angola, a população nesse período decenal assume um intervalo de $\gamma \in [7,48494; 7,72538]$ para 2020 a $\gamma \in [10,08681; 10,36299]$ para 2030;

Exemplo 1: Aplicar a equação (1) para a população de Angola de 2020 a 2029.

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020, $\gamma \in [7,48494; 7,72538]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 7,48494$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 7,48495 * 10^4 * (2,718281828)^6$$
$$N_i = 30196403$$

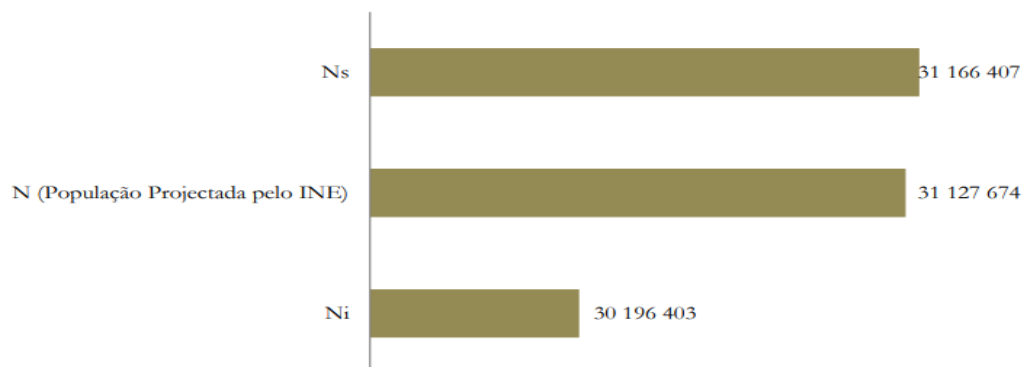
Tomado $\Delta_{k+\delta} = 7,72538$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 7,72538 * 10^4 * (2,718281828)^6$$
$$N_s = 31\,166\,407$$

A população projectada pelo INE — Angola para o ano de 2020 é $N = 31\,127\,674$.
Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º 1.1: Aplicação do modelo na população de Angola, 2020



Exemplo 2: Aplicar a equação (1) para a população de Angola de 2029

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020, $\gamma \in [9,81063; 10,08681]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 9,81063$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 9,81063 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

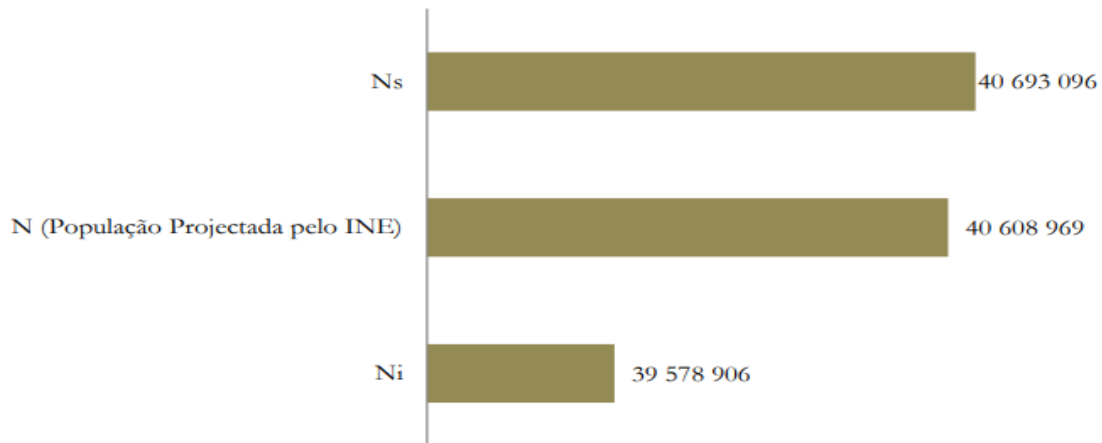
$$N_i = 39\,578\,906$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 10,08681$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 10,08681 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 40693096$$

Gráfico n.º.1.2: Aplicação do modelo na população de Angola, 2029

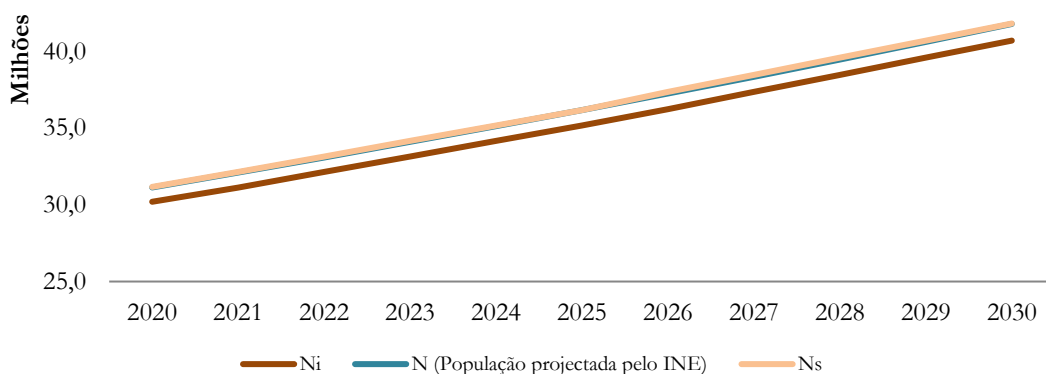


A população projectada pelo INE — Angola para o ano de 2029 é $N = 40608969$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º.1.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e projecção da população do INE de 2020 a 2030.



Fonte: INE, Angola

Para o caso de Moçambique, a população nesse período decenal assume um intervalo de $\gamma \in [7,24940; 7,28001]$ para 2020 a $\gamma \in [9,02972; 9,23340]$ para 2030;

Exemplo 2.1: Aplicar a equação (1) para a população de Moçambique de 2020

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2020, $\gamma \in [7,24940; 7,28001]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 7,24940$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 7,24940 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 29\,246\,167$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 7,28001$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 7,28001 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

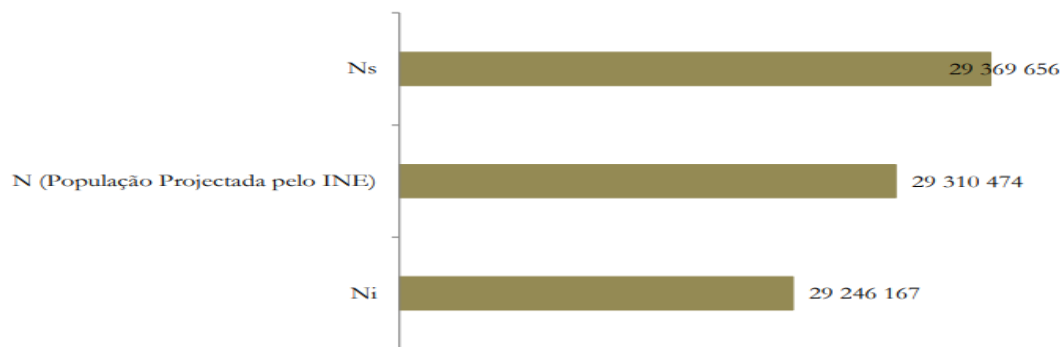
$$N_s = 29\,369\,656$$

A população projectada pelo INE — Moçambique para o ano de 2020 é $N = 29\,310\,474$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico nº. 2.1: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2020



Exemplo 2.2: Aplicação do modelo para população de Moçambique de 2025

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2025, $\gamma \in [8,04607; 8,23805]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 8,04607$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 8,04607 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 32\,460\,143$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 8,22805$, como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 8,22805 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 33\,234\,682$$

A população projectada pelo INE — Moçambique para o ano de 2025 é $N = 33\,164\,996$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 2.2: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2025

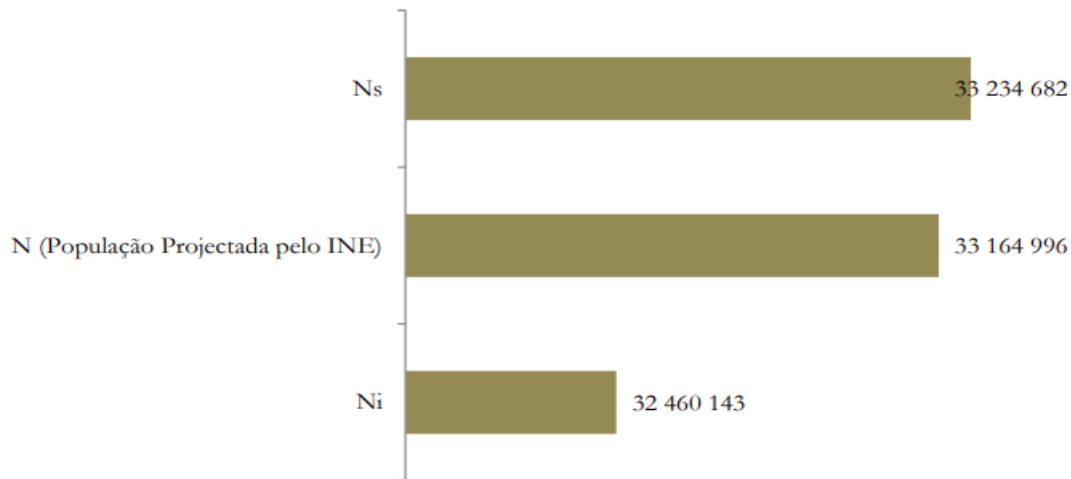
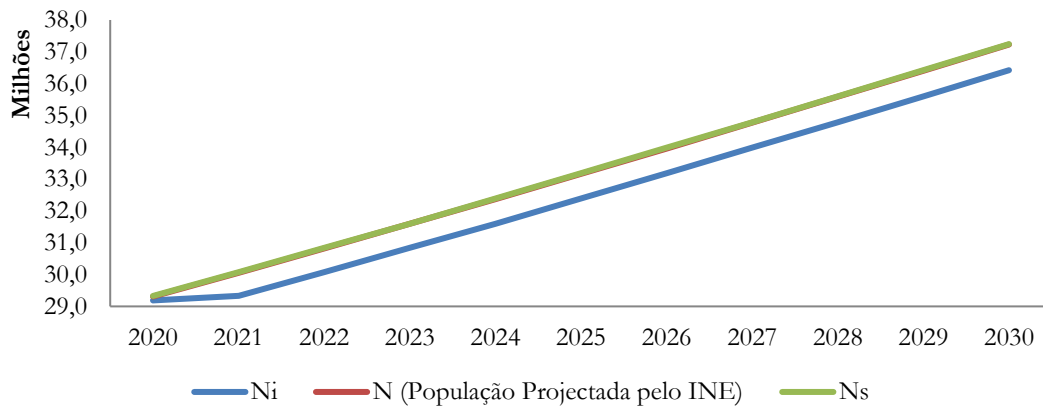


Gráfico nº.2.3: Aplicação do modelo na população de Moçambique, 2025



Fonte: INE, Moçambique

Para o caso de Cabo Verde, a população nesse período decenal assume um intervalo de $\gamma \in [0,13654; 0,138156]$ para 2020 a $\gamma \in [0,15270; 0,15432]$ para 2030;

Exemplo 3.1 : Aplicação do modelo para a população de Cabo Verde de 2021

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2021, $\gamma \in [0,13654; 0,13977]$ e $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,13654$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,13654 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 557\,361$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,139772$ como o limite superior do intervalo,

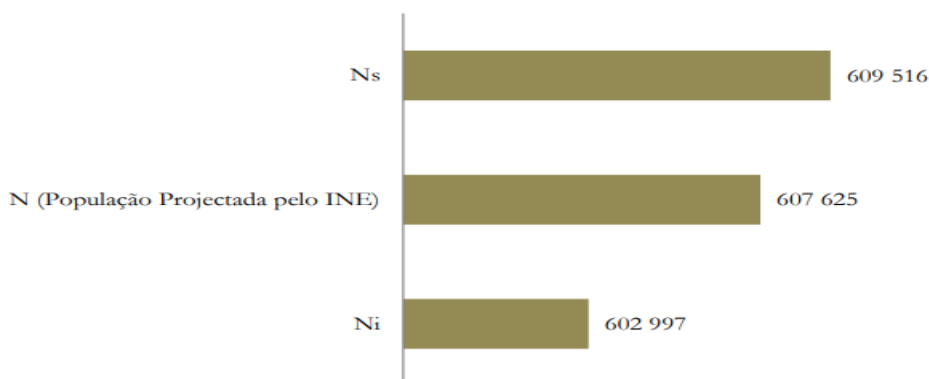
$$N_s = 0,13977 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 563\,880$$

A população projectada pelo Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde para o ano de 2021 é $N = 563\,198$

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$



Exemplo 3.2: Aplicação do modelo na população de Cabo Verde de 2028

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2028, $\gamma \in [0,149468; 0,151084]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,149468$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,149468 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 602\,997$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,151084$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,151084 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 609\,516$$

A população projectada pelo INE — Cabo Verde para o ano de 2027 é $N = 607\,625$, logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º. 3.2: Aplicação do modelo na população de Cabo Verde, 2028

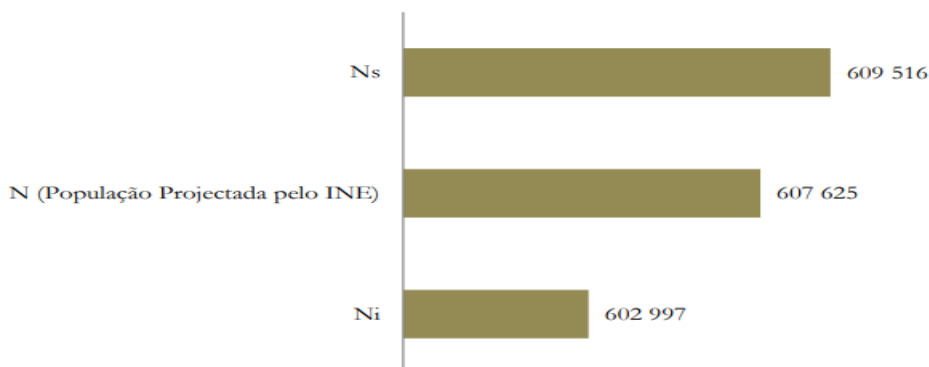
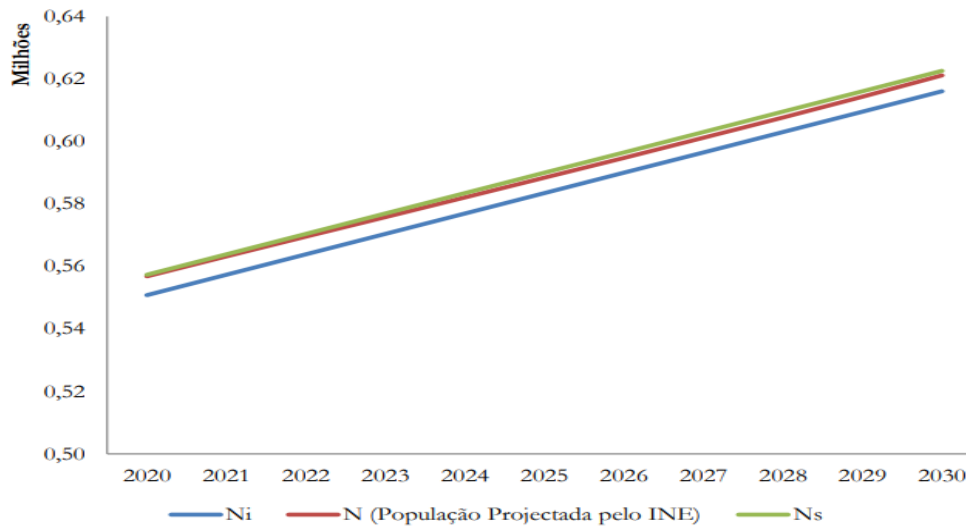


Gráfico n.º.3.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e projecção da população do INE Cabo Verde, 2020–2030



Para o caso da Namíbia, a população nesse período decenal assume o intervalo de $\gamma \in [0,66174; 0,67236]$ para 2020 a $\gamma \in [0,79205; 0,81690]$ para 2030;

Exemplo 4.1: Aplicação equação (1) na população da Namíbia para 2022

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2022, $\gamma \in [0,68718; 0,70242]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,68718$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,68718 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 2\,772\,282$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,70242$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,70242 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

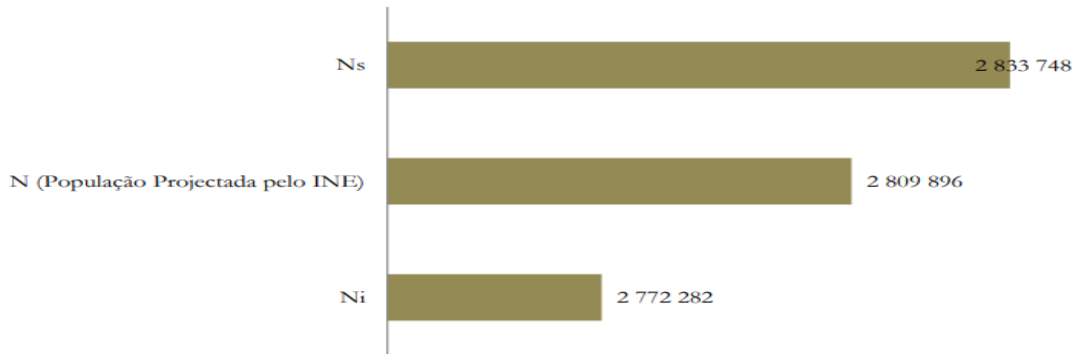
$$N_s = 2\,833\,748$$

A projecção da população do Central Bureau of Statistics da Namíbia para o ano de 2022 é $N = 2\,809\,896$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º. 4.1: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2022



Exemplo 4.2: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2029

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2029, $\gamma \in [0,78077; 0,79286]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,78077$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,78077 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 3\,149\,861$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,79286$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,70242 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 3\,198\,644$$

A projecção da população do Central Bureau of Statistics da Namíbia para o ano de 2029 é $N = 3\,181\,374$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º. 4.2: Aplicação do modelo na população da Namíbia, 2029

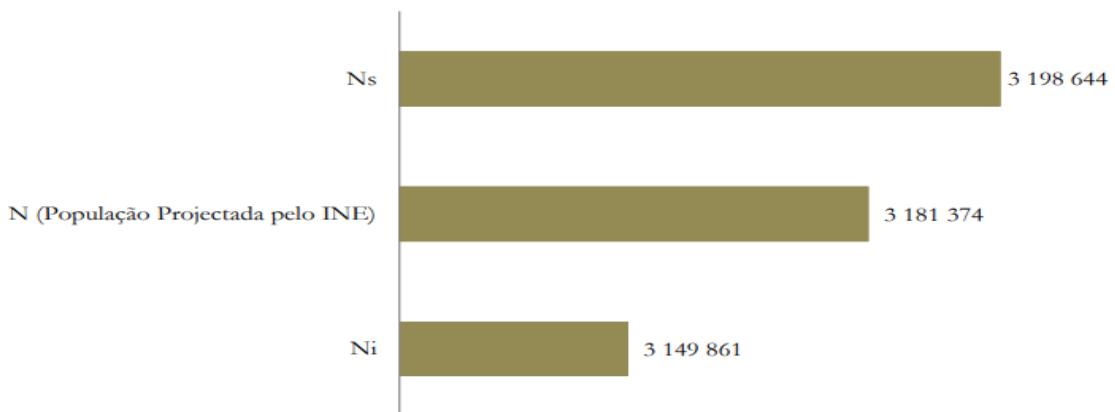
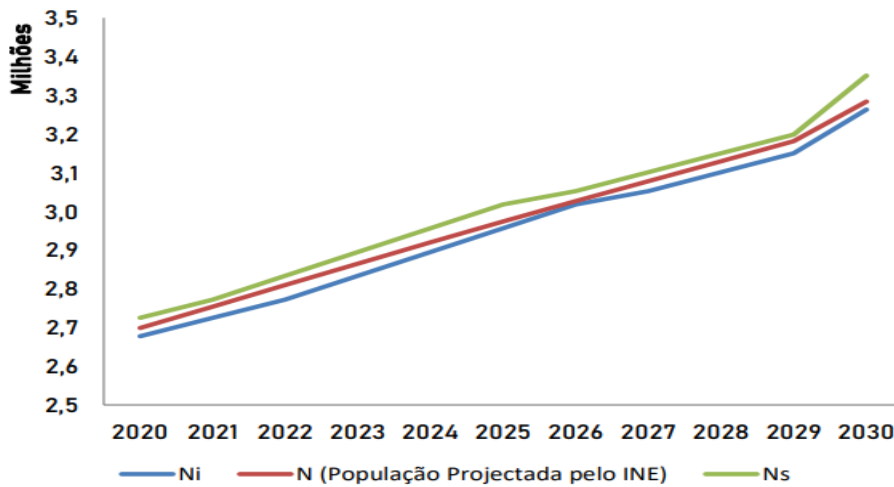


Gráfico nº. 4.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e projecção da população Central Bureau of Statistics da Namíbia de 2020–2030



Para São Tomé e Príncipe, a população nesse período decenal assume a variação intervalar de [] para 2020 a [] para 2030.

Exemplo 5.1: Aplicação do modelo na população de São Tomé e Príncipe, 2021.

Para São Tomé e Príncipe, a população nesse período decenal assume a variação intervalar de $\gamma \in [0,05196; 0,053001]$ para 2020 a $\gamma \in [0,06279; 0,06404]$ para 2030.

Exemplo 5.1: Aplicação do modelo na população de São Tomé e Príncipe, 2021

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2022, $\gamma \in [0,05300; 0,05404]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,68718$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,05300 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 213\ 821$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,05404$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,05404 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

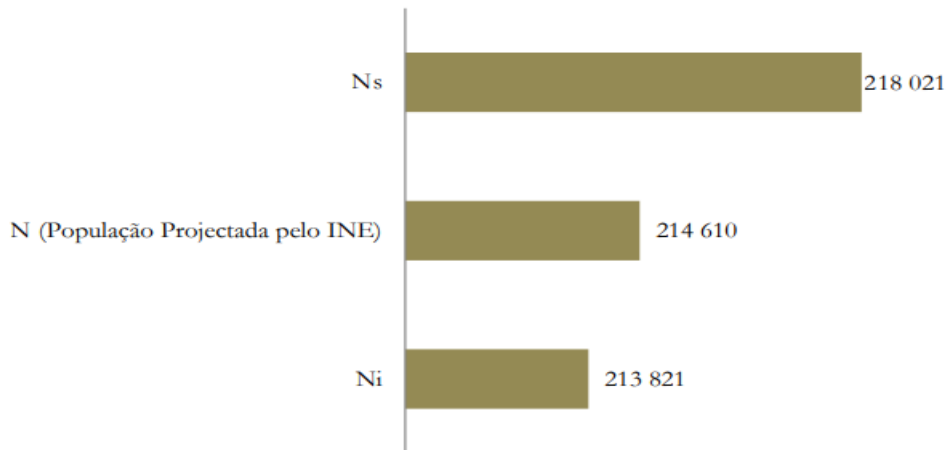
$$N_s = 218\ 021$$

A projecção da população do INE — São Tomé e Príncipe para o ano de 2021 é $N = 214\ 610$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico n.º. 5.1: Aplicação do modelo na população de São Tomé e Príncipe, 2021



Exemplo 5.2: Aplicação do modelo na população de São Tomé e Príncipe, 2030

$$N = k\gamma e^6$$

Para 2030, $\gamma \in [0,06279; 0,06404]$; $k = 10^4$.

Tomado $\Delta_k = 0,06279$ como o limite inferior do intervalo,

$$N_i = 0,06279 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_i = 258\ 338$$

Tomado $\Delta_{k+\delta} = 0,06404$ como o limite superior do intervalo,

$$N_s = 0,06404 * 10^4 * (2,718281828)^6$$

$$N_s = 258\ 338$$

A projecção da população do INE — São Tomé e Príncipe para o ano de 2030 é $N = 258\ 184$.

Logo, cumpre-se que

$$N_i < N < N_s$$

Gráfico 5.1: Aplicação do modelo na população de São Tomé e Príncipe, 2030

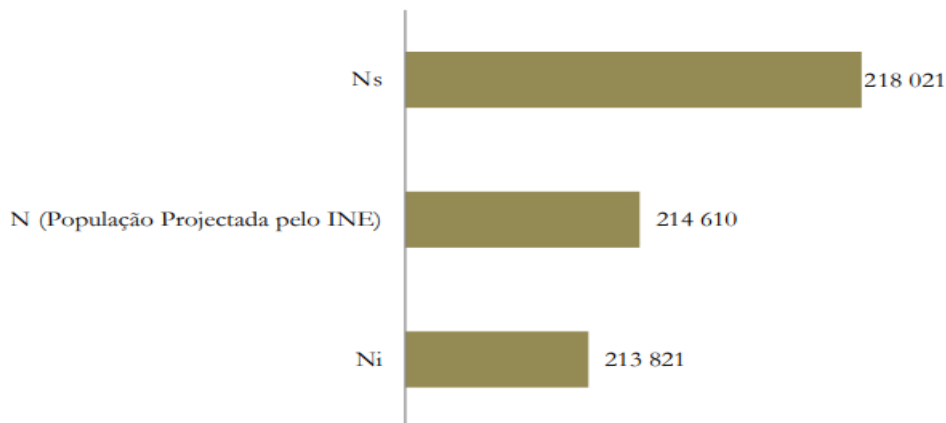
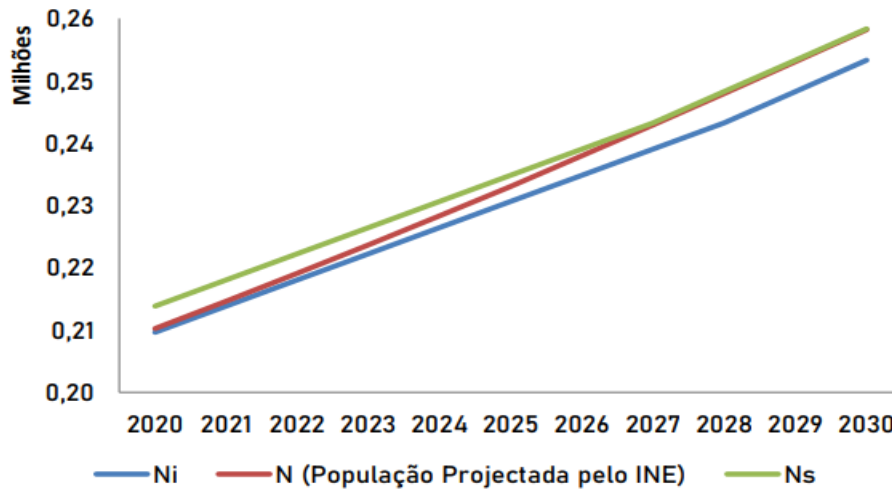


Gráfico n.º.5.3: Análise comparativa do modelo exponencial intervalar e a projecção da população do INE — São Tomé e Príncipe de 2020 a 2030



4 . Conclusão e Recomendações

Acreditamos que o estudo se apresenta como ferramenta demográfica com desafios e oportunidades para os planos de desenvolvimento estratégico de qualquer sociedade, pois é necessário saber quantos somos, qual a nossa margem de crescimento e, com base nessa informação, desenvolver acções pertinentes.

Tomando como base as projecções desenvolvidas pelos órgãos oficiais de cada país, desenvolveu-se o presente modelo para aplicação no cálculo das estimativas intervalares da população.

Recomendamos a aplicação deste modelo ao cálculo das projecções da população.

Agradecimentos

Agradecimentos a AJS Financial Advisory Services e a todos que tornaram possível a publicação deste artigo

Anexos: Aplicação do modelo intervalar da projecção da população de 2020 a 2030

$$N = k\gamma e^6$$

1. Angola

Quadro 1: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

| Angola | Ni | Projecção (INE) | Ns |
|--------|------------|-----------------|------------|
| 2020 | 30 196 403 | 31 127 674 | 31 166 407 |
| 2021 | 31 127 678 | 32 097 671 | 32 136 411 |
| 2022 | 32 136 411 | 33 086 278 | 33 145 145 |
| 2023 | 33 145 145 | 34 094 077 | 34 153 878 |
| 2024 | 34 153 878 | 35 121 734 | 35 162 612 |
| 2025 | 35 162 612 | 36 170 961 | 36 171 345 |
| 2026 | 36 236 337 | 37 243 484 | 37 350 527 |
| 2027 | 37 350 527 | 38 340 130 | 38 464 717 |
| 2028 | 38 464 717 | 39 461 732 | 39 578 906 |
| 2029 | 39 578 906 | 40 608 969 | 40 693 096 |
| 2030 | 40 693 096 | 41 777 194 | 07 285 |

2. Moçambique

Quadro 2: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

| Moçambique | Ni | Projecção (INE) | Ns |
|------------|------------|-----------------|------------|
| 2020 | 29 187 831 | 29 310 474 | 29 329 193 |
| 2021 | 29 329 193 | 30 061 139 | 30 079 822 |
| 2022 | 30 079 822 | 30 822 552 | 30 837 957 |
| 2023 | 30 837 957 | 31 593 822 | 31 596 093 |
| 2024 | 31 596 093 | 32 374 779 | 32 392 135 |
| 2025 | 32 392 135 | 33 164 996 | 33 188 178 |
| 2026 | 33 189 533 | 33 964 025 | 33 985 576 |
| 2027 | 33 985 576 | 34 770 750 | 34 781 618 |
| 2028 | 34 781 618 | 35 584 273 | 35 601 542 |
| 2029 | 35 601 542 | 36 403 929 | 36 421 465 |
| 2030 | 36 421 465 | 37 228 722 | 41 389 |

3. Cabo Verde

Quadro 3: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

| Cabo Verde | Ni | Projecção (INE) | Ns |
|------------|---------|-----------------|---------|
| 2020 | 550 842 | 556 857 | 557 361 |
| 2021 | 557 361 | 563 198 | 563 880 |
| 2022 | 563 880 | 569 509 | 570 400 |
| 2023 | 570 400 | 575 803 | 576 919 |
| 2024 | 576 919 | 582 095 | 583 439 |
| 2025 | 583 439 | 588 401 | 589 958 |
| 2026 | 589 958 | 594 738 | 596 478 |
| 2027 | 596 478 | 601 133 | 602 997 |
| 2028 | 602 997 | 607 625 | 609 516 |
| 2029 | 609 516 | 614 269 | 616 036 |
| 2030 | 616 036 | 621 141 | 5 |

4. São Tomé e Príncipe

Quadro 4: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

| São Tomé e Príncipe | Ni | Projecção (INE) | Ns |
|---------------------|---------|-----------------|---------|
| 2020 | 209 622 | 210 240 | 213 821 |
| 2021 | 213 821 | 214 610 | 218 021 |
| 2022 | 218 021 | 219 078 | 222 221 |
| 2023 | 222 221 | 223 648 | 226 420 |
| 2024 | 226 420 | 228 319 | 230 620 |
| 2025 | 230 620 | 233 030 | 234 820 |
| 2026 | 234 820 | 237 958 | 239 019 |
| 2027 | 239 019 | 242 917 | 243 219 |
| 2028 | 243 219 | 247 951 | 248 259 |
| 2029 | 248 259 | 253 043 | 253 298 |
| 2030 | 253 298 | 258 184 | 258 338 |

5. Namíbia

Quadro 5: Aplicação do modelo na projecção da população de 2020 a 2030

| Namíbia | Ni | Central Bureau of Statistics | Ns |
|---------|-----------|---------------------------------|-----------|
| 2020 | 2 669 650 | 2 698 767 | 2 712 494 |
| 2021 | 2 712 494 | 2 754 039 | 2 755 338 |
| 2022 | 2 755 338 | 2 809 896 | 2 811 035 |
| 2023 | 2 811 035 | 2 865 264 | 2 866 733 |
| 2024 | 2 866 733 | 2 919 996 | 2 922 430 |
| 2025 | 2 922 430 | 2 973 881 | 2 978 127 |
| 2026 | 2 978 127 | 3 026 611 | 3 028 255 |
| 2027 | 3 028 255 | 3 078 058 | 3 083 953 |
| 2028 | 3 083 953 | 3 129 711 | 3 139 650 |
| 2029 | 3 139 650 | 3 181 374 | 3 195 347 |
| 2030 | 3 195 347 | 3 283 739 | 3 295 603 |

Bibliografia

- [1] MALTHUS, T. 1798. An Essay on the Principle of Population. Printed for J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard, Londres.
- [2] VERHULST, P. F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Correspondances Mathematiques et Physiques*, 10, 113–121.
- [3] Neyman, J. (1937), "Outline of a theory of statistical estimation based on the classical theory of probability", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, vol. 236, n.º 767 (Ag. 30, 1937), pp. 333–380.
- [4] *Projecção da população 2014–2050*, Instituto Nacional de Estatística, Angola, 2016.
- [5] *Projecção da população 2007–2040*, Instituto Nacional de Estatística, Moçambique, 2007.
- [6] *Population Projections*, Central Bureau of Statistics, Republic of Namibia, 2006.
- [7] *Projecção da população 2007–2040*, Instituto Nacional de Estatística, Moçambique, 2007.
- [8] *Projecções Demográficas de Cabo Verde*, Instituto Nacional de Estatística, Cabo Verde, 2010.
- [9] *Projecções Demográficas de São Tomé e Príncipe: RESUMO DE INDICADORES DEMOGRÁFICOS, 2012–2035*.
- [10] *Population 2030, Demographic challenges and opportunities for sustainable development planning*, Nações Unidas, Nova Iorque, 2015.
- [11] *Modelagem Matemática* Rodney C. Bassanezi.
- [12] GUIMARÃES, R. R. Uncertainty in population projections: the state of the art. *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, vol. 31, n.º 2, 2014.
- [13] ALHO, J.; SPENCER, B. *Statistical Demography and Forecasting*. United States, Springer, 2005.